

natuur en techniek



52^e jaargang

2|'84

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad

Bij de omslag

Het IC midden op de foto (MEA 8000) is het hart van een spraakgenerator van hoge kwaliteit. Hij is voornamelijk bedoeld om toepassingen in systemen die door microprocessors gestuurd worden. Machinale spraakherkenning en spraakgeneratie van voldoende kwaliteit is één van de onderzoeksdoelen van het Japanse Vijfde Generatie computerproject. Zie verder het artikel op pag. 122 e.v.

(Foto: Philips, Eindhoven).

NATUUR en TECHNIEK verschijnt maandelijks, uitgegeven door de Centrale Uitgeverij en Adviesbureau B.V. te Maastricht. Redactie en Administratie zijn te bereiken op:
Voor Nederland: Postbus 415, 6200 AK Maastricht. Telefoon: 043-54044*.
Voor België: Tervurenlaan 62, 1040-Brussel. Telefoon: 0031-4354044.
Advertentie-exploitatie: D. Weijer. Tel. 05987-23065.

Hoofredacteur: Th.J.M. Martens.
Redactie: lic. P. Van Dooren, Drs. T.J. Kortbeek, Drs. H.R. Roelfsema, J.A.B. Verduijn.
Redactiesecretaresse: T. Habets-Older Juninck.
Redactiemedewerkers: Drs. J.H. Frijlink, A. de Kool, Drs. Chr. Titulaer en Dr. J. Willems.
Wetenschappelijke correspondenten: Ir. J.D. van der Baan, Dr. P. Bentvelzen, Drs. W. Bijleveld, Dr. E. Dekker, Drs. C. Floor, Dr. L.A.M. v.d. Heijden, Ir. F. Van Hulle, Dr. F.P. Israël, Prof. dr. H. Janssens, Drs. J.A. Jasperse, Dr. D. De Keukeleire, Dr. F.W. van Leeuwen, Ir. T. Luyendijk, Dr. C.M.E. Otten, Ir. A.K.S. Polderman, Dr. J.F.M. Post, R.J. Querido, Dr. A.F.J. v. Raan, Dr. A.R. Ritsema, Ir. G.J. Schiereck, Dr. M. Sluysen, Prof. dr. J.T.F. Zimmerman.

Redactie Adviesraad: Prof. dr. W. J. van Doorenmaalen, Prof. dr. W. Fiers, Prof. dr. J. H. Oort, Prof. dr. ir. A. Rörsch, Prof. dr. R. T. Van de Walle, Prof. dr. F. Van Noten.
De Redactie Adviesraad heeft de taak de redactie van Natuur en Techniek in algemene zin te adviseren en draagt geen verantwoordelijkheid voor afzonderlijke artikelen.

Grafische vormgeving: H. Beurskens, W. Keulers-v.d. Heuvel, M. Verreijt.
Druk.: VALKENBURG offset, Echt (L.). Telefoon 04754-1223*.

Artikelen met nevenstaand vignet resulteren uit het EURO-artikelen project, waarin NATUUR EN TECHNIEK samenwerkt met ENDEAVOUR (GB), LA RECHERCHE (F), UMSCHAU (D), SCIENZA E TECNICA (I) en TECHNOLOGY IRELAND (EI), met de steun van de Commissie van de Europese Gemeenschap.

EURO
ARTIKEL

Abonnementsprijs (12 nummers per jaar, incl. porto): Voor Nederland, resp. België: f 89,50 of 1725 F. Overige landen: + f 35,— extra porto (zeepost) of + f 45,— tot f 120,— (lucht-post). Losse nummers: f 8,— of 150 F (excl. verzendkosten).

Abonnementen op NATUUR en TECHNIEK kunnen ingaan per 1 januari óf per 1 juli, doch worden dan afgesloten tot het einde van het lopende abonnementsjaar. Zonder schriftelijke opzegging vóór het einde van elk kalenderjaar, wordt een abonnement automatisch verlengd voor de volgende jaargang. TUSSENTIJDEN kunnen geen abonnementen worden geannuleerd.

Postrekeningen: Voor Nederland: nr. 1062000 t.n.v. Natuur en Techniek te Maastricht.
Voor België: nr. 000-0157074-31 t.n.v. Natuur en Techniek te Brussel.
Bankrelaties: Voor Nederland: AMRO-Bank N.V. te Heerlen, nr. 44.82.00.015.
Voor België: Kredietbank Brussel, nr. 437.6140651-07.

Gehele of gedeeltelijke overname van artikelen en illustraties in deze uitgave (ook voor publicaties in het buitenland) mag uitsluitend geschieden met schriftelijke toestemming van de uitgever en de auteur(s).



ISSN 0028-1093

Een uitgave van

 **Centrale uitgeverij en adviesbureau b.v.**

pag. 86-101

SISO 602, 679.6, 612.8


Daniel de Moulin - De geschiedenis van het geneesmiddel - Van cruytdranck tot chemie.

Wij beschikken tegenwoordig over meer en betere geneesmiddelen dan ooit tevoren. Niettemin bestaat er bij velen nogal wat wantrouwen tegen het moderne medicament, onder meer omdat het doorgaans een voortbrengsel is van de chemische industrie: de chemie staat tegenwoordig dikwijls in een kwade reuk. Een idealisering van de 'natuurzuivere' geneesmiddelen uit de aloude volksgeneeskunde is een modieus gevolg van dit vertrouwen. Dit artikel beschrijft het geneesmiddel in zijn historische ontwikkeling van geneeskruid tot fabrieksproduct.

pag. 102-121

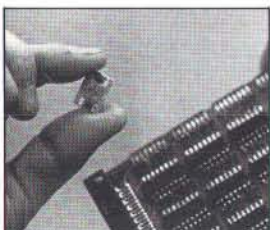
SISO 570.3, 586.6, 587.3


W.A. Casparie - Water en veen - Waterbalans sleutel tot behoud.

Natuurgebieden vergen beheer. Dat is in de praktijk niet altijd een eenvoudige kwestie omwille van nog onvoldoende ecologische kennis of tegenstrijdige belangen. In dit artikel wordt dat uitgewerkt aan de hand van de waterhuishouding in een hoogveen. Ongestoorde venen bestaan niet meer en het is nu zaak de laatste restjes te behouden op zo'n wijze dat de veenvorming kan regenereren. Het Bargerveen in zuidoostelijk Drenthe, de laatste 2000 ha van het vroegere, immense Bourtangerveen, is zo'n reservaat. Staatsbosbeheer (de eigenaar) stelt samen met het waterschap Bargerbeek een beheerplan hiervoor op.

pag. 122-141

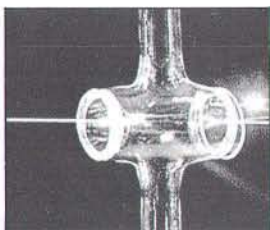
SISO 365


Tohru Moto-Oka - Computers voor de jaren negentig - Wordt de knecht compagnon?

Japan wil de jaren negentig beheersen met een totaal nieuwe generatie computers, de zgn. Vijfde Generatie computers. Zij onderscheiden zich hierin van de huidige (derde) generatie dat ze nog sneller kunnen werken, weer andere systemen mee helpen ontwerpen, ook via natuurlijke spraak met de gebruiker kunnen communiceren en zelf kunnen 'denken'. Verder zullen ze ook wezenlijk deel uitmaken van het sociale leven. Het is trouwens wel de vraag of deze supercomputers door de Japanners inderdaad over een jaar of tien gemaakt zullen worden.

pag. 142-157

SISO 538, 644.5, 529.1


Willem de Ruiter - Isotopenscheiding met lasers - Splijtstofverrijking voor arme landen.

In het begin van de jaren zeventig werd de haalbaarheid van laserisotopenscheiding aangetoond. De belangrijkste toepassing van laserisotopenscheiding is verrijking van uranium en plutonium. Verrijkt uranium wordt als brandstof voor kerncentrales gebruikt. Met verrijkt plutonium kan men 'betere' en dodelijker kernwapens ontwerpen. Door industriële productie zullen er op de verrijkingmarkt aanzienlijke verschuivingen plaatsvinden. Deze techniek is betrekkelijk goedkoop toe te passen. Dit biedt mogelijkheden voor kleine, armere landen.

pag. II
pag. 158-167
pag. 168

Bezienswaardig.
Actueel.
Tekst van Toen.

Orchideeën

Het museum van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuur wetenschappen organiseert van 2 t/m 29 februari een tentoonstelling van aquarellen van mevr. E. Klopfenstein en van kleurenfoto's van orchideeën.

Deze tentoonstelling wordt ingericht door het K.B.I.N. in samenwerking met 'Les Naturalistes Belges', in het bijzonder haar afdeling 'Orchidées d'Europe'.

Mevrouw E. Klopfenstein is een lerares tekenen die op voorstel van haar echtgenoot dr. Tousseint, een orchideeënliehebber, een aantal aquarellen heeft gemaakt van inlandse orchideeën. Elke aquarel toont een orchidee op ware grootte in haar natuurlijke omgeving, evenals verscheidene details van de plant in vergroting. De prachtige, levendige aquarellen zijn van een verbluffende correctheid en zijn bijgevolg wetenschappelijk verantwoord.

De afdeling 'Orchidées d'Europe' toont hier kleurenfoto's van alle orchideeën van België. De foto's werden gemaakt door de leden van de vereniging.

Het museum is op alle dagen geopend van 9.30 tot 12.30 en van 13.30 tot 17.00 uur. Adres: Vautierstraat 29, 1040 Brussel. Tel.: 02-6480475

IRAS-week

Van 18 t/m 25 februari organiseert de Volkssterrewacht Simon Stevin te Hoeven een themaweek over de IRAS. In deze themaweek zal er aandacht worden ge-

schonken aan de infraroodsterrekunde, de IRAS en de resultaten van deze satelliet. Een gedeelte van de tentoonstellingszaal zal worden ingericht met de IRAS-resultaten, een model van de IRAS en algemene informatie en experimenten over infraroodsterrekunde.

IRAS-deskundigen houden voordrachten en er worden films vertoond. Voor groepen worden er speciale voordrachten gehouden die ingaan op de nieuwe resultaten voor tal van astronomische deelgebieden, zoals kometen, stereolutie, de bestudering van de melkwegkern en de achter stof verscholen sterrenstelsels.

Op 23 februari houdt dr. R. van Duinen een lezing over de technische aspecten van de IRAS. De lezing vangt aan om 20.00 uur. De Volkssterrewacht Simon Stevin is geopend op zaterdagavond en woensdagavond om 19.30 uur en zondagmiddag om 13.30 en om 15.00 uur.

Groepen van minimaal 20 personen kunnen op iedere gewenste dag en tijd telefonisch een afspraak maken. Over de extra activiteiten kunt U nadere inlichtingen verkrijgen zowel overdag als 's avonds via onze astronomische nieuwsdienst. Tel. 01659-2439.

Flanders II

De tweede uitgave van de internationale technologiebeurs Flanders Technology zal plaatsvinden in het tentoonstellingscomplex van de Internationale Jaarbeurs van Vlaanderen te Gent van maandag 25 februari tot en met zondag 3 maart 1985. Volgende drie moderne basistechnologieën komen

aan bod: micro-elektronica; biotechnologie; nieuwe materialen. Er is ook een Technology Transfer Corner. Inlichtingen: Flanders Technology International, Floraliapaleis, 9000 Gent. Tel.: 091-224022.

Afval

Tot 2 april is in het Natuurmuseum Nijmegen de tentoonstelling 'Afval - Hoop van de Toekomst' te zien. De tentoonstelling sluit aan bij het landelijke afvalproject dat opgezet is door het Landelijk Milieu-Overleg in samenwerking met het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Naast algemene afvalproblemen is er ook aandacht voor de afvalproblematiek in de provincie Gelderland.

De tentoonstelling belicht zowel de problemen als wat er moet gebeuren wil de 'afval' ons niet boven het hoofd uitgroeien. De overheid heeft daarbij een belangrijke taak op het gebied van het vaststellen van normen en wetten om de problemen te voorkomen. Door 'recycling' oftewel hergebruik zal de hoeveelheid afval teruggebracht moeten worden. Artikelen als glas, voden en papier lenen zich daar gemakkelijk toe. Bij de kringloopcentra en schilleboeren wordt voor allerlei afval gezocht naar mogelijkheden voor hergebruik.

Naar aanleiding van de tentoonstelling organiseert het museum rondleidingen (op afspraak), informatie-avonden, etc. Scholen kunnen een lespakket en andere informatiematerialen lenen.

Adres: Gerard Noodtstraat 21. Openingstijden: ma. t/m vr. 10.30-17.00; zondag 13.00-17.00. Tel. 080-230749.

Prof. dr. Daniel de Moulin ('De geschiedenis van het geneesmiddel') werd op 12 september 1919 te Buitenzorg geboren. Hij studeerde met een onderbreking vanwege de oorlog van 1939 tot 1950 geneeskunde te Utrecht. Hij promoveerde in 1964 te Nijmegen. Van 1951 tot 1961 was hij chirurg in Tilburg en Boxtel. Van 1964 tot 1970 was hij lector algemene heelkunde te Nijmegen, van 1971 tot 1979 chirurg en lector geschiedenis der geneeskunde en vanaf 1979 full-time lector. Vanaf 1980 is hij hoogleraar te Nijmegen.

Dr. W.A. Casparie ('Water en veen') werd op 22 april 1930 te Sneek geboren. Hij studeerde van 1950 tot 1960 biologie te Groningen, waar hij in 1972 promoveerde. Vanaf 1958 is hij als paleobotanicus werkzaam op het Biologisch-Archaeologisch Instituut te Haren met als specialisme o.a. veenonderzoek, vegetatiegeschiedenis en veenarcheologie. Hij is als zodanig betrokken bij het onderzoek over het Barger-veen.

Prof. Tohru Mota-Oka ('Computers voor de jaren negentig') werd op 7 april 1929 in Tokyo geboren. Hij studeerde elektronica op de universiteit van Tokyo, waar hij in 1958 zijn doctorsgraad behaalde. Op de Faculty of Engineering van de universiteit van Tokyo deed hij onderzoek op het gebied van logische circuits, logische ontwerpautomatisering en geheugensystemen. Hij bezocht ook de USA als visiting professor (Illinois en St. Louis). Hij werd onlangs hoogleraar van het Electrical Engineering Department te Tokyo waar hij computerarchitecturen, computersystemen en kunstmatige intelligentie bestudeerd. Hij is een van de leidende figuren in het Japanse '5e generatie' project.

Ir. W. de Ruiter ('Isotopenscheiding met lasers') werd op 18 april 1949 te Ridderkerk geboren. Hij studeerde van 1967 tot 1978 natuurkunde in Delft. Van 1978 tot 1980 was hij leraar wis- en natuurkunde. Vanaf 1980 is hij wetenschappelijk medewerker aan de Afdeling der Technische Natuurkunde aan de TH Eindhoven, waar hij onderwijs in natuurkunde en samenleving geeft.

Systeem

Men zou wellicht de heer Deetman en zijn ambtenaren veel kunnen verwijten – het zij verre van ons, maar het zou kunnen – doch gebrek aan ijver, nee, dat zeker nooit. Als het waar is, dat een deel van het ambtelijke korps al zenuwachtig werd bij de – overigens ook niet misselijke – produktiedrift van Van Kemenade, dan moet de jeugdige econoom die nu politiek verantwoordelijk bovenbaas is wel tot crises aan de lopende band leiden.

Nu zijn ambtenaren veel te welopgevoed om van zulke dingen iets te laten merken (voor dit vertoon van opvoeding willen ze wel het volle loon, anders worden ze boos), maar duidelijk is, dat de universitaire bestuurders en bijna al evenzeer de wat mindere goden op de academische Olympus behoorlijk de zenuwen krijgen van 's heren Deetmans produktiviteit. En dat is begrijpelijk, want uit de Haagse burelen komen vandaag de dag meer stencils dan bankbiljetten naar de universiteit, en wat erger is, het valt niet altijd mee in deze nabootsing van het studentenactivisme (weet u het nog?) veel lijn te ontdekken. (Ook in dat opzicht is de imitatie lang niet slecht, wat overigens begrijpelijk is, want de studentenactivisten van '69 zitten nu op de ambtelijke niveaus waar men nota's moet formuleren.)

Toch zal de historicus van 2060 (een periode in de Kondratjefcyclus waarin de universiteiten zwemmen in het geld en waarin iedereen gelooft dat wetenschap goed is en vrijheid moet hebben) vermoedelijk in staat zijn op zijn minst enige system in the madness te reconstrueren. Dat is natuurlijk voor hem een stuk makkelijker dan voor ons, want hij hoeft alle voorschriften niet uit te voeren, en in zijn conjunctuur heeft hij trouwens ook tijd voor iets anders dan het invullen van financieringsaanvragen.

Laten we eens proberen hem voor te zijn. Misschien stuit hij bij zijn onderzoek op dit stukje en dan kan hij het tachtigste uur van z'n twaalfurige werkweek gewoon een roman gaan lezen of de rustgevende regelmaat van het gekloonde bos op zich laten inwerken. Wie weet hoe hoog ik posthuum nog eens kom op de

science citation index, de ranglijst van elders geciteerd wetenschappelijk onderzoek.

Eerst was er een tweefasestructuur, en toen ... Nee, eerst was er de structuur waarin het mogelijk was reeds in dertien jaar jurist te worden (in zo'n geval was een goede carrière verzekerd, zelfs de ministersposten lagen binnen handbereik) en toen moest het allemaal veel vlugger en beter en efficiënter en goedkoper en kregen we de tweefasestructuur: je mocht in vier jaar afstuderen en als je heel braaf was geweest mocht je daarna nog wat doen. In dat kader viel ook de herprogrammering, een leuke activiteit waarvan kan worden gezegd, dat het geringe aantal opvallend bloedderige moorden dat daarbij is gebeurd pleit voor de stelling, dat er aan de opvoeding van de geleerden ook weinig schort. Aardig is nog, dat er voor dit programma een standaard student was ontworpen, die op de kop af 40 uur per week doende was om zijn bul te halen en die in die tijd een uiteraard gestandaardiseerde hoeveelheid kennis tot zich diende te nemen. Deed hij (of zij natuurlijk) dat volgens ter plekke te verzinnen criteria beter dan een ander, of had hij, bijv. om twee jaar uitstel te krijgen van inschrijving in het werklozenregister, het juiste vak gekozen, dan mocht hij nog twee jaar blijven doorleren.

Dat wordt nu allemaal anders. Er is nog geen besluit of zo, maar besluiten zijn een achterhaald fenomeen: de tegenwoordige manier van iets invoeren is een nota te maken. Als je niet zo zeker bent van de reacties laat je die als bewindsman eerst eens rustig uitlekken (de nota komt dan toevallig terecht op de tafel van een journalist) en tegen de tijd dat alle protesterenden met langdurig ziekteverlof zijn vertrokken publiceert je de nota officieel. De nog-niet-zieken zijn dan aan het idee gewend en ze beginnen vast maatregelen te nemen en er zich op in te stellen. Tegen de tijd dat de zaak praktisch al is ingevoerd breng je een wet in de democratische organen, met de mededeling dat de wet alleen de praktische situatie beschrijft en dat er bij wijziging chaos zal ontstaan.

Er is dus nog geen sprake van een besluit, maar de twee-fasenstructuur is vervangen door een vierjarige opleiding voor iedereen (zie je

wel dat natuurkunde niet moeilijker is dan wat wetten uit de hoofd leren?) en de braafste of de beste van de klas mag dan, om te beginnen voor een bedrag dat ligt beneden dat van een bijstandsuitkering, onderzoek gaan doen als onderzoeker-in-opleiding. Een student is natuurlijk niet verplicht zo'n benoeming te aanvaarden. Duidelijk is alleen, dat als hij die niet aanvaardt hij praktisch gesproken de hoop kan opgeven ooit werk in zijn vak te krijgen.

Intussen moet er wel worden bezuinigd. Om nu het onderzoek niet in gevaar te brengen is er voorwaardelijke financiering bedacht (niet door de minister: dat denkbeeld hebben we te danken aan de revolutionaire studenten van toen) en om in elk geval de beste instellingen te bewaren de grote operatie van taakverdeling en concentratie (tvc).

En dan ineens ontdekt de minister dat hij zo maar geld over heeft. Met name op het gebied van de sociale wetenschappen, waar de tvcooperatie het hardste aan het huishouden is. Geen nood, dat geld wordt opnieuw beschikbaar gesteld, maar nu wel op basis van projectvoorstellen. Daarbij komt het voorstel het onderzoek zoveel mogelijk te onttrekken aan de faculteiten (en de zeggenschap daar, en de studenten daar) en onder te brengen in aan de faculteiten verbonden afzonderlijke onderzoeksinstituten.

Het totale beeld is, dat de opleiding zoveel mogelijk van elke wetenschappelijke context wordt ontdaan: men leert een vak en niets meer. Het onderzoek dat toch nog nodig is wordt via concentratie, geldtoekenningsprocedures en organisatorische loskoppeling van het onderwijs onder directe zeggenschap gebracht van het bureaucratische apparaat.

En de wetenschap?

Wetenschap? Wetenschap? Daar gaat het helemaal niet over. Er dient een garantie te zijn dat de fondsen uit 's rijks kas die ten algemenen nutte worden aangewend daadwerkelijk onder controle staan van Harer Majesteits Regering en derzelve dienaren.

A. de Kool

Vijfde generatie

Het artikel over de vijfde generatie computers roept waarschijnlijk bij menig lezer na verbijsterde lezing de vraag op: 'kan dat allemaal echt?' Het stuk is in het Engels – niet auteurs moedertaal – geschreven en vervolgens nog een keer vertaald en dat maakt beoordeling van de precieze problematiek moeilijk.

Kan zo'n programma in tien jaar worden uitgevoerd? Zonder twijfel wordt er een enorme inspanning in gestoken, maar het geheel doet toch een beetje denken aan de uitspraak van prof.dr. H.B.G. Casimir: "Eén vrouw kan in negen maanden een kind krijgen; daaruit volgt niet dat negen vrouwen samen in één maand een kind kunnen krijgen." Er liggen niet alleen ontwikkelingsproblemen, maar ook een aantal zeer fundamentele, zelfs filosofische problemen op oplossing te wachten binnen het door Mota-Oka beschreven programma. De precieze programmering van het onderzoek naar zulke problemen lijkt nogal moeilijk. Daarbij kan men verwachten voor nog weer nieuwe fundamentele problemen te komen. Men komt in het voorstel niet alleen tegen de grenzen die worden gesteld door de voortplantingssnelheden van de signalen in het systeem, men dreigt ook qua miniaturisering in de buurt te komen waar de structuur van het materiaal zelf grenzen gaat stellen. De problemen daarbij zijn niet per definitie onoplosbaar (wel wanneer men echt de grenzen raakt), maar het is wat optimistisch om te menen dat er ook maar bij benadering kan worden aangegeven hoe lang het vinden van een oplossing zal duren.

Nemen we die tien jaar niet al te ernstig, dan blijft natuurlijk de vraag of het dan in een andere, vermoedelijk langere tijd allemaal wél kan. Het antwoord is ontkennend als we de gebruikte woorden als betekenis, weten, leren, intelligentie enz. allemaal letterlijk nemen.

Daarmee is de zaak niet afgedaan. Communicatie is tweerichtingverkeer, maar als de berg niet naar Mohammed komt, moet Mohammed maar naar de berg gaan. Willen we met de vijfde generatie (of derde, dat maakt verder in dit opzicht niet zo gek veel uit) computers communiceren, dan zullen we overeenstemming met de computer moeten bereiken. Misschien willen velen helemaal niet met de computer communiceren, maar ze moeten wel, want zonder communicatie met de computer krijg je tegen die tijd nergens meer geld of eten of wat dan ook. Dat betekent, daar zowel de benadering van de werkelijkheid als de uitdrukkingsmogelijkheden van de computer in het programma vast liggen, dat wij ons – of we willen of niet – de normen van de computer moeten eigen maken, dat we die moeten aanvaarden als onze eigen normen.

Voor zover we die normen overnemen gebeurt er dan iets heel wonderlijks: betekenis, weten, leren intelligentie *worden* wat de systeemontwerpers gezamenlijk in hardware en software hebben ingebouwd. En via een omweg is het project dan toch nog gelukt: het tamelijk wankel model *van* het menselijk denken wordt tot norm, tot model, *voor* het menselijke denken – en is dan vanzelfsprekend ook niet wankel meer.

Of daarmee dan de problemen zijn opgelost is een heel andere vraag. Te verwachten valt, dat ook de vijfde generatie computers ons niet het paradijs zal teruggeven.

D. de Moulin
*Inst. voor Geschiedenis der Geneeskunde
Katholieke Universiteit Nijmegen*

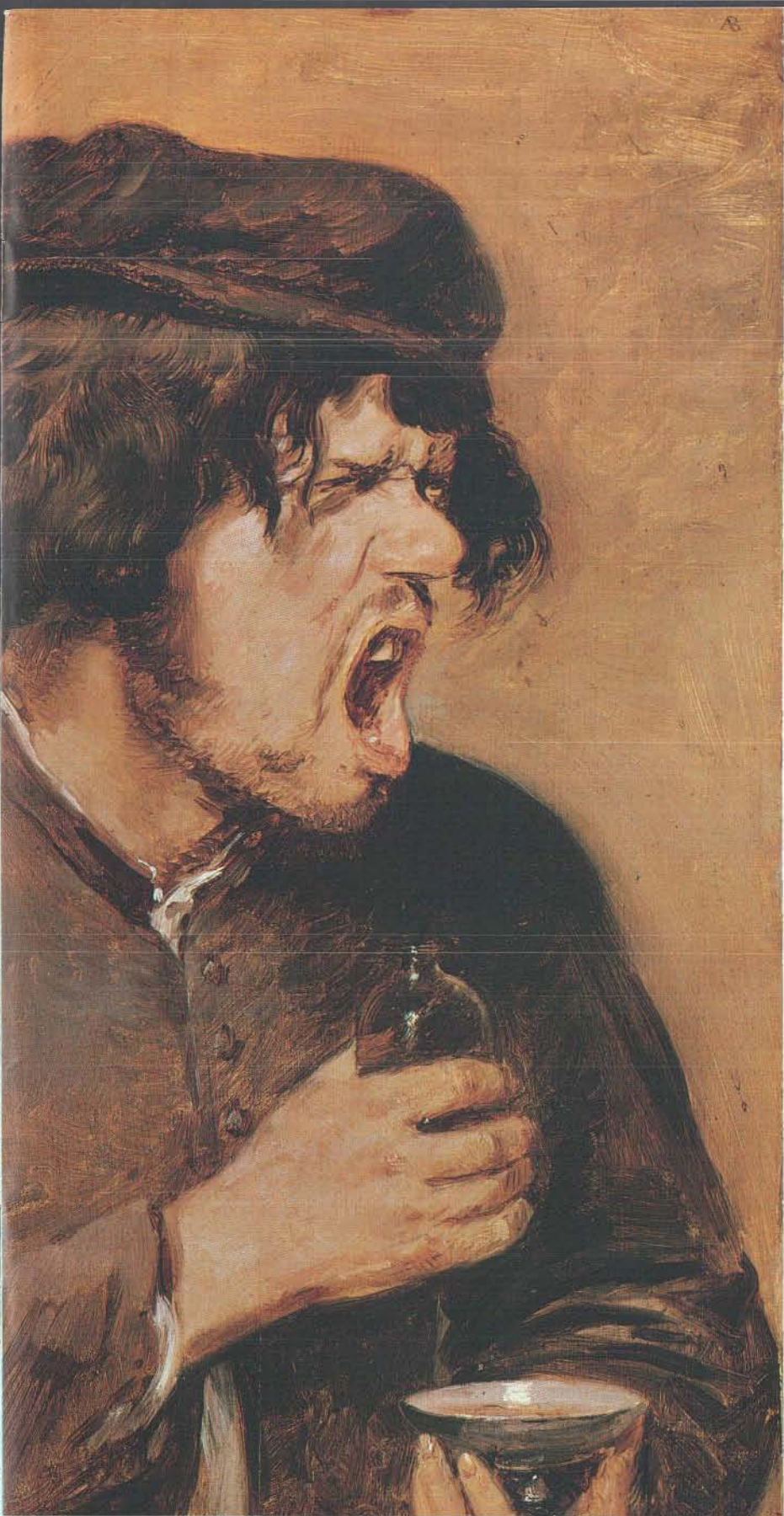
Van cruytdranck tot chemie

Wij beschikken tegenwoordig over meer en betere geneesmiddelen dan ooit tevoren. Niettemin bestaat er bij velen nogal wat wantrouwen tegen het moderne medicament, onder meer omdat het doorgaans een voortbrengsel is van de chemische industrie: de chemie staat tegenwoordig dikwijls in een kwade reuk. Een idealisering van de 'natuurzuivere' geneesmiddelen uit de aloude volksgeneeskunde is een modieus gevolg van dit vertrouwen. Dit artikel beschrijft het geneesmiddel in zijn historische ontwikkeling van geneeskruid tot fabrieksprodukt.

'De bittere drank'
Adriaan Brouwer.



DE GESCHIEDENIS VAN HET GENEESMIDDEL



Geneesmiddelen zijn stoffelijke middelen tot genezing, verzachting of voorkoming van ziekten of van bepaalde verschijnselen ervan. Zij zijn van plantaardige, dierlijke of minerale oorsprong, maar worden sinds de vorige eeuw in toenemende mate ook fabrieksmatig samengesteld. De wetenschappelijke bestudering van de werkwijze der geneesmiddelen noemt men farmacologie. De farmacologische werkingen van een geneesmiddel kan men objectief vaststellen met behulp van het dierexperiment of van proefpersonen, maar het is bekend dat de werking van geneesmiddelen mede wordt bepaald door het vertrouwen, dat de patiënt er in stelt.

Het geneesmiddel in de Oudheid

Het geneesmiddel is van oudsher één der belangrijkste werktuigen van de arts. In de Grieks-Romeinse Oudheid, de tijd waarin de grondslagen van de westerse geneeskunde zijn gelegd, beschikte men al over een uitgebreide geneesmiddelenschat. De kennis ervan was in de loop van eeuwen langs de weg der praktische ervaring verzameld en mondeling van

geslacht op geslacht overgeleverd, voordat ze schriftelijk werd vastgelegd. In de oudste omvangrijke geschriftenverzameling waarover de Westerse geneeskunde beschikt, het *Corpus Hippocraticum*, treft men ongeveer driehonderd verschillende geneesmiddelen aan. Sommige ervan waren van Egyptische of Indiase of zelfs Oost-Indische herkomst, wat erop wijst dat in de tijd van Hippocrates, de grote Griekse arts uit de vijfde eeuw voor Christus aan wie dit grote werk wordt toegeschreven, er al handel in deze produkten moet hebben bestaan.

Het is een van de verdiensten van Hippocrates geweest, dat hij de geneeskunde buiten de sfeer van het magisch-religieuze heeft gebracht en op de basis van de empirie, de praktische ervaring, heeft gesteld. Het oogmerk van het aanwenden van geneesmiddelen was volgens Hippocrates de natuur bij te staan in haar strijd tegen de ziekte. Nooit zou het middel de natuur schade mogen berokkenen. 'Primum non nocere', vooral niet schaden, was een van zijn vele bekend gebleven uitspraken.

Volgens de toen heersende opvatting, werd ziekte veroorzaakt door de aanwezigheid van de ziektestoffen, die voortgekomen zouden





Boven: De vier 'kardinale lichaams-sappen' (humores) verkeren in labiel evenwicht met twee andere sappen waarmee ze één eigenschap gemeen hebben. Tijdelijke veranderingen in dit evenwicht maken de levensverrichtingen mogelijk, grove verstoringen leiden tot ziekte. Hetzelfde viertallige filosofische schema werd ook gebruikt voor de vier kosmische elementen en voor de vier seizoenen.

Linksonder: Deze muurschildering uit de dertiende eeuw toont Galenus en Hippocrates, wiens geschriften tot aan de Renaissance 'evangelie' waren, en zelfs in het begin van de negentiende eeuw nog werden geraadpleegd.

Onder: Grafstèle van de Atheense arts Jason, tweede eeuw na Chr.



zijn uit verkeerde vermenging van lichaamsvochten. Deze theorie, *humoraalpathologie* genoemd, heeft tot ver in de achttiende eeuw stand kunnen houden (zie hiernaast). De behandeling moest er daarom op zijn gericht, die kwade stoffen naar buiten af te voeren: laxeremiddelen, zweet- en braakmiddelen namen daarom een belangrijke plaats in.

Kennis van geneeskrachtige planten was in die tijd, maar ook nog vele eeuwen daarna, een medisch basisvak. Veel artsen waren tevens plantkundigen, de meeste plantkundigen tevens arts. Een beroemd voorbeeld was Dioskorides, een Griek die ten tijde van keizer Nero (eerste eeuw van onze jaartelling) als militair arts het grote Romeinse Rijk heeft doorkruist en overal de plaatselijk gebruikte geneesmiddelen proefondervindelijk op hun werkzaamheid heeft onderzocht. Zijn boek, *De materia medica*, geldt daarom als het eerste leerboek van de farmacologie; het beschrijft niet minder dan 600 geneeskrachtige planten. Het is eeuwenlang het grote standaardwerk op dit gebied geweest. Uit de klassieke literatuur valt op te maken, dat mensen ook toen reeds graag geneesmiddelen gebruikten. 'Populus remedia cupit', het volk verlangt geneesmiddelen, schreef de grote Galenus in de tweede eeuw.

Middeleeuwen en Renaissance

In de Middeleeuwen is veel van de antieke wetenschap in Noordwest-Europa verloren gegaan. Alleen de kloosters beschikten over bibliotheken waarin resten van de oude wetenschap, waaronder geneeskunde, waren terug te vinden. Eigen onderzoek werd niet meer gedaan, van een medische professie was nauwelijks sprake meer en de praktische geneeskunde was bijna geheel in handen van ongeletterde volksgeneeskundigen.

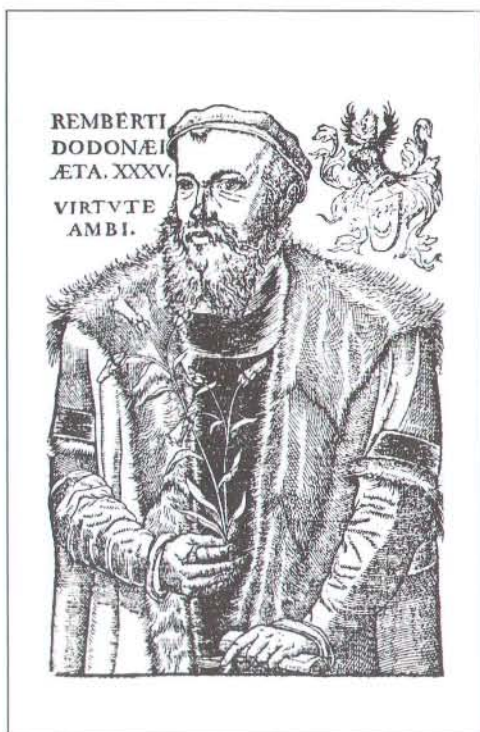
Een grote bloei beleefde de geneeskunde daarentegen in de Arabische wereld, waar de oude Griekse wetenschappen opnieuw werden opgenomen. Bij de Arabieren kwam voor het eerst een duidelijke scheiding tot stand tussen artsen en artsennijberekers: voordien bereidden de dokters hun geneesmiddelen zelf. Onze apotheek heeft daarom haar wortels ten dele in de Arabische beschaving.

In de Renaissance, de periode die in de westerse cultuurgeschiedenis op de Middel-

eeuwen is gevolgd, ontwaakte de wetenschap als het ware uit een winterslaap. Er ontstonden universiteiten en de Europese mens ging opnieuw over tot het doen van eigen waarnemingen. In de geneeskunde leidde dit tot een opbloei van de anatomie en de botanie. Leonard Fuchs, hoogleraar in de geneeskunde aan de Universiteit van Ingolstadt in Duitsland gaf, als resultaat van eigen onderzoek, in 1543 zijn *Historia Stirpium* uit, een prachtwerk, geïllustreerd met talrijke mooie houtsneden naar originele tekeningen. Vele andere soortgelijke uitgaven volgden, bij ons bijv. van Dodoens. Het gedrukte kruidboek met platen van planten getekend naar de natuur, is een typisch voortbrengsel van de Renaissance.

Een nieuwe wereld

De ontdekking van nieuwe werelddelen leidde onder meer tot het invoeren van nieuwe geneesmiddelen in Europa. Sommige ervan, zoals de kinabast die uit Peru werd aangevoerd, en de ipecacuanha uit Brazilië, bleken een spectaculaire werking te hebben tegen resp. 'koortsen' en dysenterie.



Boven: Verscheidene chemische werkwijzen, waaronder sublimatie en destillatie, schijnen door de Arabieren te zijn uitgevonden (evenals het woord 'chemie' zelf). De import van geneesmiddelen uit het Oosten geschiedde grotendeels via Arabische handelswegen. Deze Arabische apotheek komt uit een Arabische vertaling van de geneesmiddelenleer van Dioscorides, uit de dertiende eeuw.

Geheel boven: De Vlaming Rembert Dodoens, of Dodonaeus (1517-1585) was de auteur van een beroemd *Cruyde-Boeck* (1554) met een tekst van hoge kwaliteit, gebaseerd op waarneming en niet op overschrijving, en tekeningen die de perfectie benaderden.

Rechts: Een wijnrank uit de medische 'Codex Vindobonensis 93'. Het boek vermeldt dat deze plant bij inwendig gebruik heilzaam is tegen miltziekten en urinevorming aanzet. Om het hoofd gedragen weert hij kwaad af.



Rechts: Deze kopergravure uit omstreeks 1750 toont de bereiding en toepassing van het Westindische guajac-hout bij de behandeling van een syfilis-patiënt, een vroeg voorbeeld van het gebruik van een exotisch geneesmiddel.

Onder: Het tweede stadium van syfilis, uit een foto-atlas uit 1865.



De ontdekking van Amerika heeft de Europeanen niet louter voordeel gebracht. Onder de 'importartikelen' bevond zich de syfilis, welke geslachtsziekte tevoren in het oude werelddeel onbekend was. En zoals het zo vaak gebeurt wanneer een infectieziekte wordt ingevoerd in een gebied waar ze niet eerder aanwezig is geweest, leidde dit tot een epidemie van kolossale omvang. Ook 'grote' personen als Hendrik VIII van Engeland stierven.

Als specifiek geneesmiddel gold het guajac-hout of pokhout, eveneens uit West-Indië afkomstig. Het woord 'pocke' betekende in de zeventiende eeuw puist of blaar en duidde in dit verband op de huidverschijnselen, waartoe syfilis aanleiding kan geven. De handel in pokhout was sinds 1518 grotendeels in handen van het groothandels- en bankiershuis der Fuggers in Augsburg. De multinationale, monopolistische handelsonderneming is bepaald geen verschijnsel, dat zich uitsluitend in onze eigen tijd voordoet. Helaas bleek het pokhout, waaraan men zoveel geld heeft verdiend, bij nader inzien niet werkzaam te zijn.

De farmacopee

De grote verscheidenheid aan geneesmiddelen waarover men mede als gevolg van de zich voortdurend uitbreidende handel kwam te beschikken, deed de behoefte ontstaan een zekere uniformiteit aan te brengen in de verwerking ervan tot pillen, poeders en drankjes. De stadsbesturen begonnen voorschriften dien-aangaande schriftelijk vast te leggen en bindend te verklaren. Het eerste handboek voor de artsennijbereiding — farmacopee — is in 1499 in Florence in Italië uitgegeven. Als eerste stad in Nederland kreeg Amsterdam in 1636 een eigen farmacopee. In België was Brussel de eerste stad met een farmacopee, in 1641. De een na de ander volgden de andere grote plaatsen. De stedelijke autonomie die in de tijd van de Republiek der Zeven Verenigde Nederlanden zeer sterk was, maakte dat iedere stad van betekenis tot aan het eind van de achttiende eeuw haar eigen farmacopee bezat. Pas ten tijde van de Bataafse Republiek werd een farmacopee uitgevaardigd voor het hele land.



onderbenen werd gebruikt. Met de *folia digitalis* kreeg de geneeskunde de beschikking over een belangrijk medicament voor de behandeling van hartziekten. Andere plantaardige middelen waarvan men aanvankelijk grote verwachtingen had, stelden op den duur echter teleur.

De juiste dosering van zulke medicamenten werd in die tijd door de artsen dikwijls vastgesteld door ze zelf in te nemen. Zo bepaalden ze, hoe groot de dosis kon zijn alvorens zich onaangename bijwerkingen voordeden. Ook de Duitse arts Samuel Hahnemann, die uit onvrede met het overmatige gebruik van geneesmiddelen door de medici van zijn tijd (begin negentiende eeuw) tot zijn homeopathie is gekomen, beproefde zijn nieuwe oplossingen eerst op zichzelf.

Onder: Titelprent van de Alkmaarse 'Pharmacopea' (Pharmacopea, ook toen bestonden er al zelfouten) uit 1723. Het interieur van de apotheek uit de achttiende eeuw heeft al veel weg van een apotheek in onze tijd. Zoals aan het gereedschap op de voorgrond te zien is, werd de apotheker steeds meer chemicus.

De achttiende eeuw

Als gevolg van de opbloei van de scheikunde die de zeventiende en achttiende eeuw te zien gaven, zijn in die tijd tal van chemische verbindingen als therapeutica in de geneeskunde ingevoerd. Als voorbeelden zijn te noemen: bismuthkalk tegen maagproblemen; braakwijnsteen, zinkkalk tegen krampen en epilepsie; goulardwater (loodacetaat in alcohol, genoemd naar de Franse medicus Goulard), tot voor kort zeer populair ter behandeling van oppervlakkige ontstekingen, brandwonden en kneuzingen; kalkwater tegen brandwonden. Geheel nieuw was het gebruik van chemische stoffen evenwel niet, want al sinds de Oudheid was arsenicum een geliefd middel tegen opengebroken kankergezwellen.

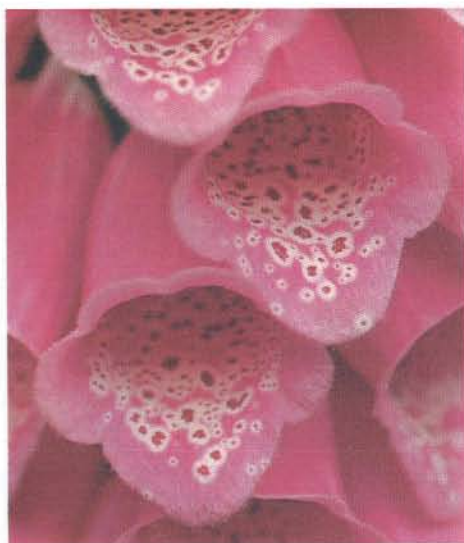
Maar ook de plantenwereld leverde in de achttiende eeuw nieuwe, werkzame produkten op. Zo bleken bladeren van het vingerhoedskruid het werkzame bestanddeel te zijn in een kruidenmengsel, dat in de volksgeneeskunde bij vochttophopping in de weefsels van vooral de



Alkaloiden

In het begin van de negentiende eeuw waren de scheikundige technieken zóver gevorderd, dat het mogelijk werd de werkzame bestanddelen van geneeskrachtige planten te isoleren. Aan het gebruik van onbewerkte, plantaardige voortbrengselen kleefde namelijk het bezwaar, dat het gehalte aan werkzame stof daarin niet constant was zodat nauwkeurige dosering niet goed mogelijk was. In 1805 gelukte het aan Friedrich Sertürner, een apotheker in het Duitse plaatsje Hamelen, uit opiumextract een stof neer te slaan. Wegens de slaapverwekkende eigenschap ervan noemde hij ze morfine, naar Morpheus, de Griekse god van de slaap en de dromen.

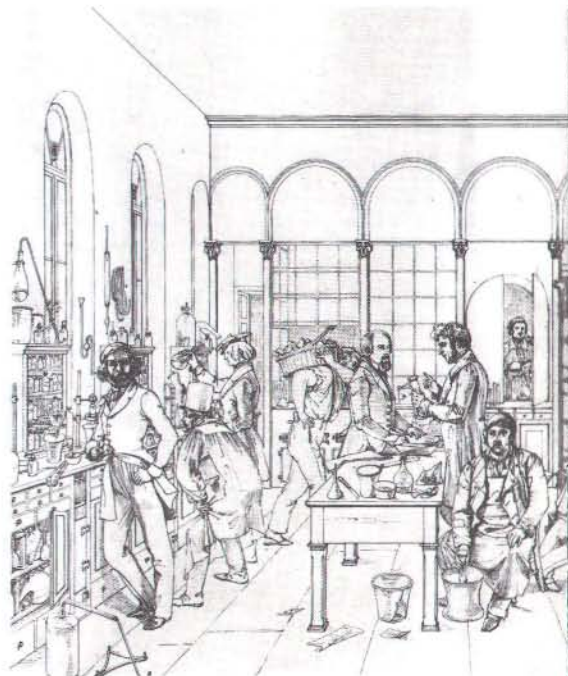
De nieuwe stof bleek alkalisch te reageren. Dat was wel een verrassing omdat men tot dusver had gemeend dat plantaardige stoffen alleen chemische verbindingen bevatten of kunnen aangaan, die neutraal of zuur van aard zijn. Men ging nu op zoek naar alkalische verbindingen met specifieke werking in andere plantaardige geneesmiddelen en vond er in de volgende jaren heel wat: nicotine, ermetrine,



Onder: Professor Justus von Liebig (1803-1873), de vijfde van links, in zijn laboratorium te Giessen, temidden van studenten tijdens een chemisch practicum. Liebig is een der grondleggers van de organische scheikunde. Dit laboratorium was ondergebracht in een voormalige kazerne en stond model voor vele andere.



Boven: Mekon Roias (papaver) werd al in de Griekse Oudheid toegepast, zoals deze afbeelding uit de 'Codex Vindobonensis Medicus Graecus 1' toont.





Linksboven: Vingerhoedskruid (*Digitalis purpurea*) is uiterst giftig, maar het eruit gewonnen digoxine en digitoxine zijn werkzaam tegen hartkwalen.

Boven: Wolfskers (*Atropa belladonna*) dankt haar Latijnse naam aan het vroeger gebruik als schoonheidsproduct

(bella donna = schone vrouw). Het alkaloïde atropine is immers pupilverwijdend en grote pupillen waren ooit mode. Modern psychologisch onderzoek bevestigde dat grote pupillen seksueel aantrekkelijk zijn. In de achttiende eeuw was atropine in gebruik tegen borstkanker, nu bij oogartsen om beter in het oog te kunnen kijken.



strychnine, kinine, coffeïne, codeïne. Zulke stoffen noemt men alkaloiden. Het zoeken naar en het isoleren van alkaloiden werd in de vorige eeuw een zeer belangrijk onderdeel van het onderzoek naar geneesmiddelen.

De chemie en het geneesmiddel

De negentiende eeuw heeft een spectaculaire ontwikkeling van de scheikunde te zien gegeven, onder meer door de opkomst van de koolstofchemie. Dit werd in de hand gewerkt door de oprichting van chemische laboratoria aan de universiteiten omstreeks het midden van de eeuw. Zo werd het op den duur mogelijk om niet alleen werkzame bestanddelen van plantaardige grondstoffen te isoleren, maar ook om chemische verbindingen met een farmacologische werking die niet in de natuur voorkomen, samen te stellen. De geneesmiddelen die nog vorige eeuw in de laboratoria van de universiteiten en de opkomende chemische industrie kunstmatig werden ontwikkeld, zijn in drie grote groepen onder te brengen.

Koortswerende middelen (antipyretica)

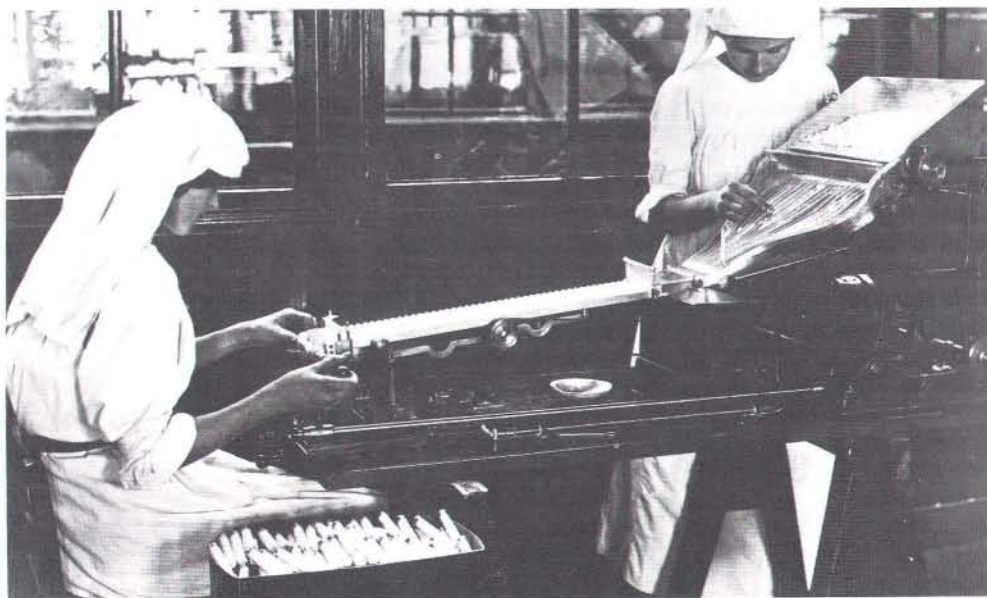
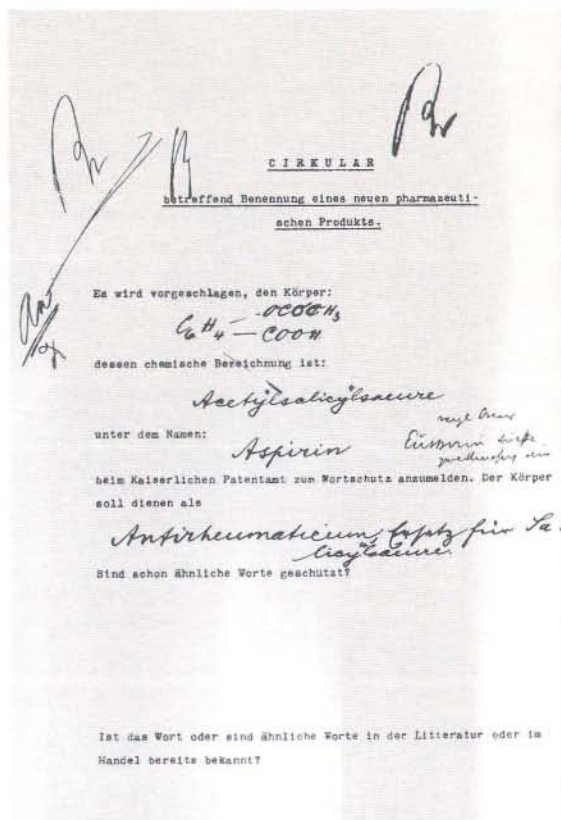
Hiertoe behoren antipyrine, antifebrine, fenacetine, pyramidon en vooral aspirine. Bij de bereiding van aspirine — acetylsalicylzuur — is men uitgegaan van de bast van de wilg (*Salix sp.*) die naar al lang bekend was, een pijnstillende en koortswerende werking heeft. In 1839 slaagde een Frans onderzoeker erin, het werkzame bestanddeel — een glucoside — uit wilgebast te isoleren, maar het duurde tot 1899 voordat de chemische fabriek Bayer in Leverkusen een daarop gelijkend, kunstmatig bereid preparaat als 'Aspirine' op de markt kon brengen (zie de foto's).

Ontsmettingsmiddelen (antiseptica)

Deze zijn in de geneeskunde van belang geworden, nadat men had leren inzien, dat bacteriën de oorzaak van infectieziekten en van wondkoorts zijn. Tot de antiseptica die tegen het eind van de vorige eeuw beschikbaar zijn gekomen, behoren jodium — als tinctuur of als jodoform — en aromatische verbindingen zoals fenol (carbolzuur) en ichtyol.

Slaapmiddelen (hypnotica)

Hieronder zijn chloraalhydraat, sulfonal en paraldehyde te noemen als stoffen, die meer dan vijftig jaar in gebruik zijn geweest.



Wie ist das Wort entstanden? Ist es ein reiner Phantasiename oder giebt es irgend welchen Anhalt über die Zusammensetzung oder Wirkung des Körpers, für dessen Bezeichnung es bestimmt ist?

*Neutrochennome resp. Mergen von A. m. per se, ein
andere Ausdrücke zu sprechen. Dr.
E. Schmidt (Bonn)*

Liegen Bedenken gegen das Wort vor oder haben Sie einen andern Vorschlag zu machen?

*Wird für jetzt von Aspirin abgelehnt, weil
es ein alt. Wort ist. "Aspirin" ist B.*

Circuliert bei den Herren:

Direktor Bayer

* Dr. Böttinger

* König

Dr. C. Duisberg

W. Gansser

Karl Hilsenbusch,

Hermann Matthis

Prof. Dr. Dreser

A. Brestowski

Dr. Hoffmann

Fr. Fischer

Dr. Eichengrün

Dr. Heymann

Dr. Kloeppel

Zurück an die Juristische Abteilung.

*Elbepf., am 23. Januar 1899
Joermer.*



Links en boven: Sommigen zijn van mening dat door de invoering van Aspirine en andere gemakkelijk te verkrijgen pijnstillers, de pijngevoeligheid van de Westerse mens zou zijn toegenomen. Dit laatste is zeker niet het geval, wel is er minder bereidheid dan vroeger tot het dragen van pijn. De foto's tonen het eerste buisje, uit 1904, en de originele bedrijfspublicatie over de naamskeuze.

Linksonder: Begin deze eeuw was de bereiding van geneesmiddelen al een industriële bezigheid geworden. Hier het machinaal verpakken van tabletten (Aspirine) in glazen buisjes.

Sera

Een geheel andere klasse van geneesmiddelen die sinds het eind van de vorige eeuw het therapeutische arsenaal hebben verrijkt, zijn de beschermende en genezende sera. De nieuwe wetenschap der bacteriologie, die in de jaren tachtig in zeer korte tijd tot zeer grote bloei was gekomen, was er al spoedig achter gekomen, dat de ziekteverwekkende bacteriën hun gevaarlijke werking ontleen aan giftige afscheidingen. Emil Behring in Marburg ontdekte, dat het serum (de bloedwei) van mens en dier in staat is tegen zulke toxinen, neutraliserende antitoxinen te produceren.

Dergelijke antitoxinen vond Behring in het serum van dieren, die aan difterie leden. In een lange serie onderzoeken, die hij te zamen met zijn Japanse leerling Kitasato uitvoerde, bleek het hem dat dit serum, wanneer het werd ingespoten bij de mens, een eenmaal uitgedro-

ken difterie kon genezen en aan gezonden een tijdelijke bescherming tegen de infectie kon bieden (1894).

In 1896 kwam, als ander voorbeeld van serotherapie, paardeserum in gebruik dat tetanus-antitoxine bevatte, waardoor het aantal gevallen van dodelijke stijfkramp (tetanus) ten gevolge van verwondingen, zeer sterk is teruggelopen. Op spectaculaire wijze is dat tijdens de Eerste Wereldoorlog tot uiting gekomen. Het profylactisch gebruik van sera betekende de invoering van een nieuw beginsel in de geneeskunde, nl. het tijdelijk verlenen van immuniteit aan mensen die om een of andere reden door een infectieziekte worden bedreigd.

Apotheker en industrie

De ontwikkelingen in de bereiding van nieuwe geneesmiddelen die in het voorgaande zijn beschreven hebben ertoe geleid, dat de tradi-



tionele rol van de apotheker als bereider van geneesmiddelen meer en meer in betekenis afnam. De technische outillage en de grote kapitaalinvesteringen die het bereiden van nieuwe chemische geneesmiddelen vroegen, gingen de mogelijkheden van de individuele apotheker te boven. Toch diende hij meer dan ooit op de hoogte te zijn van wat zich allemaal aan het afspelen was, want hij diende wel in staat te zijn, de nieuwe fabrieksgeneesmiddelen op hun zuiverheid te controleren.

Dit vroeg om een grote kennis van de scheikunde en leidde aldus tot een verwetenschappelijking van de farmacie. Dit laatste wordt duidelijk geïllustreerd door de opleiding van de apotheker. Eeuwenlang heeft die een soort van ambachtelijke scholing gehad, waarbij hij als leerling voor een bepaald aantal jaren in dienst trad bij een reeds gevestigde apotheker. In België werd in 1849 bij wet beslist dat de opleiding tot apotheker aan de universiteit diende te gebeuren. In Nederland gebeurt dit sinds 1876.

Toen tegen het eind van de vorige eeuw het gebruik van chemische geneesmiddelen meer en meer toenam, zijn sommige apotheken in Nederland zich gaan toeleggen op het in het groot bereiden ervan, vooral ook van grondstoffen daarvoor, om die op grote schaal te

gaan verhandelen. Iets soortgelijks heeft zich ook in Zwitserland afgespeeld. In andere landen echter, waaronder Duitsland, was het produceren en verhandelen van de moderne geneesmiddelen van meet af aan in hoofdzaak een aangelegenheid van de industrie.

De opkomst van de chemische industrie hing in hoge mate samen met die van de textielindustrie. Dank zij de invoering van de stoommachine maakte laatstgenoemde bedrijfstak een sterke ontwikkeling door met als gevolg een snelle stijging van de behoefte aan kleurstoffen. Verfstoffen voor garens en textiel werden vanouds gewonnen uit planten, dieren en bepaalde houtsoorten, maar deze bereidingswijze was voor massaproductie te kostbaar en er ontstond grote vraag naar kunstmatige kleurstoffen. In 1856 werd uit steenkoolenteer de eerste synthetische kleurstof bereid en tegen het einde van de eeuw waren er, alleen al in Duitsland, zo'n 15 000 gepatenteerde kleurstoffen geregistreerd. De meeste ervan behoorden tot de groep der azokleurstoffen.

De invoering ervan is ook van grote betekenis geweest voor de geneeskunde, in de eerste plaats omdat sommige van de nieuwe kleurstoffen zeer geschikt bleken te zijn voor het kleuren van biologische weefsels en van bacteriën, waardoor die zich beter leenden voor mi-



Industrieel onderzoek slurpt enorme bedragen op. Boven het alizarinekleurstoflaboratorium bij Bayer, begin deze eeuw. Links modern geneesmiddelenonderzoek. Deze ta-

bletten worden met behulp van laserstralen voorzien van kleine openingen waardoorheen zij, na te zijn ingenomen, 24 uur lang gelijkmatig werkzame stof afscheiden.



Boven: Paul Ehrlich (1854-1915) en zijn medewerkers rond 1910. Na de 'openlegging' van Japan in 1864 kwamen in toenemende mate jonge Japanners naar Europa

om zich te bekwamen in de Westerse wetenschappen en technologie, onder wie S. Hatta, die samen met Ehrlich Salvarsan ontwikkelde.

microscopische bestudering. De moderne weefselleer, de microscopische pathologie en de bacteriologie, hebben hun opkomst en ontwikkeling voor een belangrijk deel aan de invoering van allerlei methoden van kleuring te danken gehad. In de tweede plaats zijn sommige kleurstoffen uitgangspunt geweest voor de synthese van nieuwe geneesmiddelen.

De arts Paul Ehrlich, directeur van een instituut voor experimentele therapie in Frankfort aan de Main, merkte bij zijn microscopische onderzoeken op, dat methyleenblauw een grote affiniteit bezit voor levende zenuwcellen. (Methyleenblauw was de thiazine-kleurstof met behulp waarvan zijn leermeester, de grote Robert Koch, de miltvuur- en de tuberkelbacil had ontdekt.) Hieruit maakte Ehrlich de gevolgtrekking, dat sommige chemische stoffen selectief op bepaalde cellen inwerken. Hij ging nu op zoek naar verbindingen die een specifieke affiniteit hebben voor levende ziekteverwekkers en voor die verwekkers giftig zouden wezen, zonder echter schadelijk te zijn voor het weefsel van de patiënt, waarin die kiemen zich ophouden. Met praktische steun van de firma Hoechst, de fabrikant van methyleenblauw, ging hij op zoek naar chemische be-

strijdingsmiddelen voor malaria, tropische slaapziekte en syfilis.

Dit project werd mede ingegeven door het feit, dat in Duitsland grote belangstelling voor tropische geneeskunde was ontstaan sinds dat land een koloniale mogendheid was geworden. Na meer dan zeshonderd verbindingen zonder succes te hebben beproefd op kunstmatig geïnfecteerde muizen, vonden Ehrlich en zijn medewerker, de Japanner Hata, tenslotte een stof – Salvarsan – die goed werkzaam was tegen zowel de verwekker van de slaapziekte, als tegen die van de syfilis. Hiermee was de grondslag gelegd voor de moderne chemotherapie.

De farmaceutische industrie

De samenwerking tussen de arts Ehrlich en een chemische fabriek, die geleid heeft tot het vinden van het eerste werkzame middel tegen syfilis, is een vroeg voorbeeld van samenwerking tussen onderzoekers zoals farmacologen, werkzaam in eigen, niet-industriële laboratoria, en de industrie die over de financiële en technische middelen beschikt om het produkt praktisch bruikbaar te maken. Zo bestond



Boven: Een kweekfles met kolonies van *Penicillium notatum*, de schimmel waaruit penicilline wordt bereid. Dat redden tijdens WO II duizenden soldaten het leven.

bijv. in Nederland in de jaren twintig en dertig van deze eeuw een vruchtbare samenwerking tussen Zwanenbergs slachterijen in Oss (voor wat het farmaceutische gedeelte betreft 'Organon' geheten) en het farmacologische laboratorium van de Gemeente Universiteit van Amsterdam onder leiding van professor Ernst Laqueur.

In dit geval was de industrie in staat om behalve de nodige geldmiddelen grote hoeveelheden van klieren met inwendige secretie be-

schikbaar te stellen, afkomstig van geslachte dieren. Uit die samenwerking zijn belangrijke hormoonpreparaten voortgekomen.

Penicilline en streptomycine zijn andere voorbeelden van bekende geneesmiddelen die in samenwerking tussen niet-commerciële laboratoria en de chemisch-farmaceutische industrie zijn ontstaan. Dit geschiedde tijdens de Tweede Wereldoorlog in Engeland en de Verenigde Staten. Het is interessant dat in de bezettingsjaren de Delftse Gist- en Spiritusfabriek buiten medeweten van de Duitsers eveneens in staat is geweest penicilline te bereiden en voor toepassing geschikt te maken. Na de oorlog is het produceren (en ontwikkelen) van nieuwe geneesmiddelen vrijwel uitsluitend een aangelegenheid geworden van de farmaceutische industrie.

Bijna alle volgende antibiotica zijn evenals de moderne narcosemiddelen, kalmeringsmiddelen, vitaminen, middelen tegen suikerziekte en malaria, bloeddrukverlagende medicamenten, pillen ter voorkoming van zwangerschap en andere hormoonpreparaten, ontdekt en ontwikkeld door de farmaceutische fabrieken zelf. De reden van deze vrijwel volledige industrialisatie van het geneesmiddel is vooral van financiële aard: het kost vandaag de dag zeven miljoen dollar om een nieuw geneesmiddel te vinden en klaar te maken voor gebruik.

Met dat al is de betekenis van het traditionele geneeskruid zeer sterk teruggelopen, althans in de officiële geneeskunde. In de alternatieve geneeskunde heeft het zich weten te handhaven tot op heden: de volksgeneeskundige behandelingswijze van vandaag is in menig opzicht de officiële therapie van gisteren.

Literatuur

- Het geneeskruid in de achterhoede.* Geneesmiddelenbulletin 9, (1975), nr. 2.
 Wittop Koning, D.A., Grendel, E., (1976). *De farmacie in tekening en prent.* Bugten & Schipperheijn en Repro-Holland, Amsterdam, Alphen a.d. Rijn.
 Bosman-Jelgersma, H.A., (1983). *Poeders, pillen en patiënten.* Sijthoff, Amsterdam. ISBN 90 218 2912 6.
 Vandewiele, L.J., (1981). *Geschiedenis van de farmacie in België.* Orion, Beveren. ISBN 90 264 0835 8.
 Molenaar, L., Kooiman, P., (1984). *Van kleurstof tot kunstmest. Wisselwerking tussen wetenschap en chemische industrie van 1850 tot 1920.* Natuur en Techniek, Maastricht-Brussel.

Bronvermelding illustraties

- Joachim Blauel - Artothek, Frankfurt: pag. 86-87.
 Rijksprentenkabinet, Amsterdam: pag. 92-93.
 Jan van de Kam, Griendsvveen: pag. 94, 95.
 Bayer AG, Leverkusen: pag. 96, 96-97, 97, 99.
 Transworld Features, Haarlem: pag. 98.
 Hoechst AG, Frankfurt: pag. 100, 101.
 De overige foto's zijn van de auteur.





WATER EN VEEN

Waterbalans sleutel tot behoud

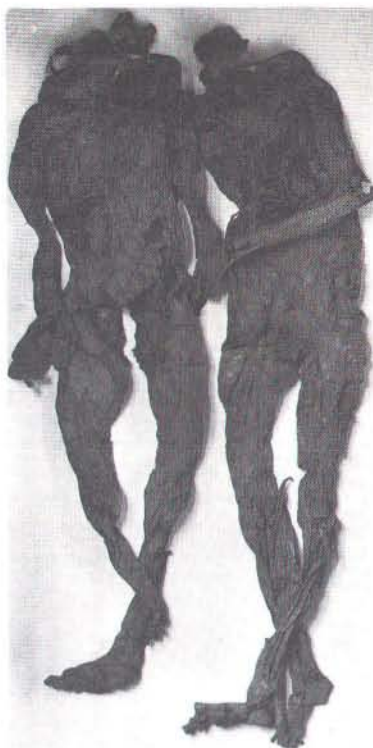
Natuurgebieden vergen beheer. Dat is in de praktijk niet altijd een eenvoudige kwestie omwille van nog onvoldoende ecologische kennis of tegenstrijdige belangen. In dit artikel wordt dat uitgewerkt aan de hand van de waterhuishouding in een hoogveen. Ongestoorde venen bestaan niet meer en het is nu zaak de laatste restjes te behouden op zo'n wijze dat de veenvorming kan regenereren. Het Bargerveen in zuidoostelijk Drenthe, de laatste 2000 ha van het vroegere, immense Bourtangerveen, is zo'n reservaat. Staatsbosbeheer (de eigenaar) stelt samen met het waterschap Bargerbeek een beheerplan voor dit reservaat op.

Een luchtfoto van de Engbertsdijksvennen, ten noorden van Vriezenveen. Een landschap van rechte lijnen, getrokken door de mens om het hoogveen te ontginnen. In dit strakke patroon passen de gele herfsttinten van het afgestorven pijpestrootje. De veenplaatsen, waar nog turf gegraven wordt, zijn donkerbruin. De nieuwe eigenaar van dit veenreservaat, Staatsbosbeheer, heeft grote waterbassins aangelegd, die dienen om het gebied weer vochtig te maken. In en langs het water komt de veenvorming weer op gang; de rechte lijnen worden verzacht en na lange tijd zal hier weer een veenlandschap met zijn eigen patroon zijn ontstaan.

De natuur in reservaten

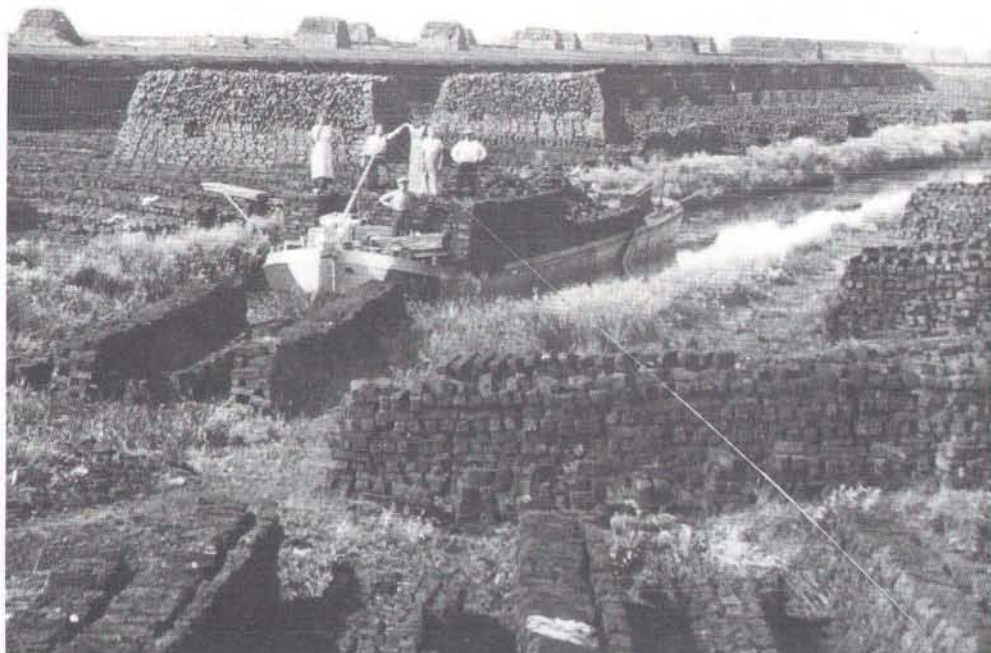
Natuurgebieden worden verworven om belangrijke natuurwetenschappelijke of landschappelijke waarden veilig te stellen. Een aangekocht natuurgebied moet vanzelfsprekend ingericht en beheerd worden op een manier, die de meeste zekerheid biedt dat het beoogde doel wordt bereikt. Het moet duidelijk zijn dat de in aankoop en beheer gestoken (gemeenschaps)gelden goed besteed worden. Het beheer van een natuurreservaat zou eigenlijk zo moeten zijn, dat de aanwezige waarden verder ontwikkeld worden; dat het terrein er dus waardevoller en mooier op wordt in de loop der jaren. Het opstellen van een goed beheerplan is daarom een erg belangrijke, maar ook zeer complexe aangelegenheid; een zaak van zorgvuldig multidisciplinair overleg, waarbij geen aspecten over het hoofd mogen worden gezien en ook geen kansen gemist mogen worden. In dit artikel willen we dieper ingaan op het beheer van veengebieden.

Ongestoorde venen zijn bij ons niet meer aanwezig. Veenvormende processen, vooral die van hoogveen, zijn erg gevoelig voor (externe) verstoringen. Niet alleen ontwatering, maar ook eutrofiëring (voedselrijk worden van het milieu), bijv. door bemesting of als gevolg van vogelbezoek, verandering van de zuurtegraad, en ook intensieve betreding betekenen



Boven: Venen vormden een bedreiging voor de mens omdat ze grote gebieden onbewoonbaar maakten. Soms werden overblijfselen van onze (verre) voorouders, die in het veen begraven waren, bewaard. Dit veenlijkenpaar werd in 1904 gevonden in het Weerdingerveen.





Linksonder: Het meest gave gebied in het Bargerveen: de grote meerstal. De lichte vegetatie in de meerstal is voornamelijk witte snavelbies (*Rhynchospora alba*), die op zeer natte standplaatsen groeit. De donkere vegetatie, vooral heiderijke bulten, groeit op drogere plekken.

Boven: De turfindustrie, bedoeld om een aanzienlijk deel van Nederland van brandstof te voorzien, was een bijzonder arbeidsintensieve bedrijfstak. Tot het vele zware werk behoorde ook het laden van de turfschepen; dit werd speciaal door vrouwen gedaan.

vaak het einde van de veenvorming. De enige mogelijkheid om nog iets van deze opmerkelijke processen en de daarbij horende bijzondere vegetaties in stand te houden, is het inrichten van natuurreservaten op zo'n wijze, dat de veenvorming kan regenereren.

De beste uitgangssituatie hiervoor bieden de vroegere, nog niet geheel afgegraven, bijna altijd sterk verstoorde venen. Het reservaat Bargerveen in Drenthe bijv. bevat alle mogelijkheden. Het bezit geheel afgegraven veenplaatsen, deels afgegraven tot grotendeels nog aanwezige veenpakketten en grote vochtige vlakten, om de hoogveengroei weer op gang te brengen. Het gebied is echter sterk doorsneden; vele greppels, wijken, kanalen en andere diepe insnijdingen maken het opstellen van beheerplannen erg gecompliceerd. Daarom willen we het hier als voorbeeld behandelen.

Veen

Aanzienlijke delen van Nederland waren eertijds bedekt met veen, vooral dan in het noordelijk deel. Dit geldt zeker voor zgn. hoogvenen, die zeer klimaatgevoelig zijn. In het zuiden is het 's zomers eigenlijk al iets te warm en droog voor uitgebreide hoogveenvorming. In de lagere delen van België ontbreken hoogvenen eveneens, wat ook aan het klimaat kan worden toegeschreven. In de Belgische Ardennen komen ze wel voor, de Hautes Fagnes (Hoge Venen). Dat zijn bergvenen, zoals die in regenrijke berggebieden kunnen voorkomen.

De veenmoerassen ontstonden vooral onder invloed van het stijgende grondwater na de laatste ijstijd, ca. 15000 jaar geleden, en het regenrijker worden van het klimaat sinds

10000 à 8000 jaar. Veel venen zijn sindsdien weer verdwenen; de stijgende Noordzee ruimde ze op of bedekte ze met soms meters dikke kleiafzettingen. Daarnaast heeft de mens al sinds de Middeleeuwen de venen systematisch ontgonnen voor turf.

Veen bestaat uit afgestorven, niet geheel of soms maar nauwelijks vergane vegetatieresten in waterrijk milieu geconserveerd. Het watergehalte is meestal 80 à 95 procent; soms echter nog hoger. Veen kan ontstaan als de produktie van organisch materiaal in vegetaties groter is dan de afbraak of vertering van dit materiaal. De veenvormende ecosystemen zijn sterk afhankelijk van de beschikbaarheid van veel water. Veen, dat in grondwatermilieu gevormd wordt, noemen we *moerasveen* of *laagveen*; het veenvormende niveau groeit met het stijgende grondwater mee omhoog. Bij *hoogveen* geschiedt de watervoorziening uitsluitend door de directe neerslag, die door de veenvormende planten, vooral veenmossen (*Sphagnum*), kan worden vastgehouden in hun cellen. Een omhooggroeiend hoogveen vormt zijn eigen waterspiegel, tot zelfs boven het grondwater.

In Nederland, evenals in het aangrenzende Westduitse laagland, zijn *hoogvenen* vooral te vinden in gebieden met een jaarlijkse neerslag van 700 mm of meer, redelijk verdeeld over het gehele jaar, in combinatie met niet te hoge gemiddelde zomertemperaturen.

Moerasvenen zijn meer aan reliëf (rivierdalen, kommen) dan aan klimaat gebonden. Toch is er een zekere relatie met de hoeveelheid neerslag, maar de aanwezigheid van een hoge waterstand is van primair belang.

Waterbeheer in veengebieden

Bij het beheeren van natuurgebieden speelt het werken met water vaak een overheersende rol. Met name voor veengebieden betekent dit vooral veel water, dat bij voorkeur voedselarm is. De beheerder tracht hier hydrologische omstandigheden te creëren voor optimale veengroei. Het is niet zonder meer duidelijk, wat onder optimaal verstaan moet worden; dat geldt met name voor hoogveenvorming. Wel moet duidelijk zijn, dat het beheer op zijn minst tot veenvorming leidt, die te zijner tijd kan overgaan in hoogveenvorming.

Hoeveel water is beschikbaar voor het realiseren van de doelstelling? Als grove benadering wordt vaak gesteld, dat van de gemiddelde jaarlijkse neerslag van 750 mm de verdamping door de vegetatie 500 mm bedraagt. De overige 250 mm verdwijnt dan via greppels, sloten en kanalen (*horizontale afstroming* of afvoer) en in de ondergrond (*verticale inzinking*, wegzijging). De horizontale afstroming kan voor diverse doelen worden gebruikt: doorspoelen van vervuilde sloten en kanalen,



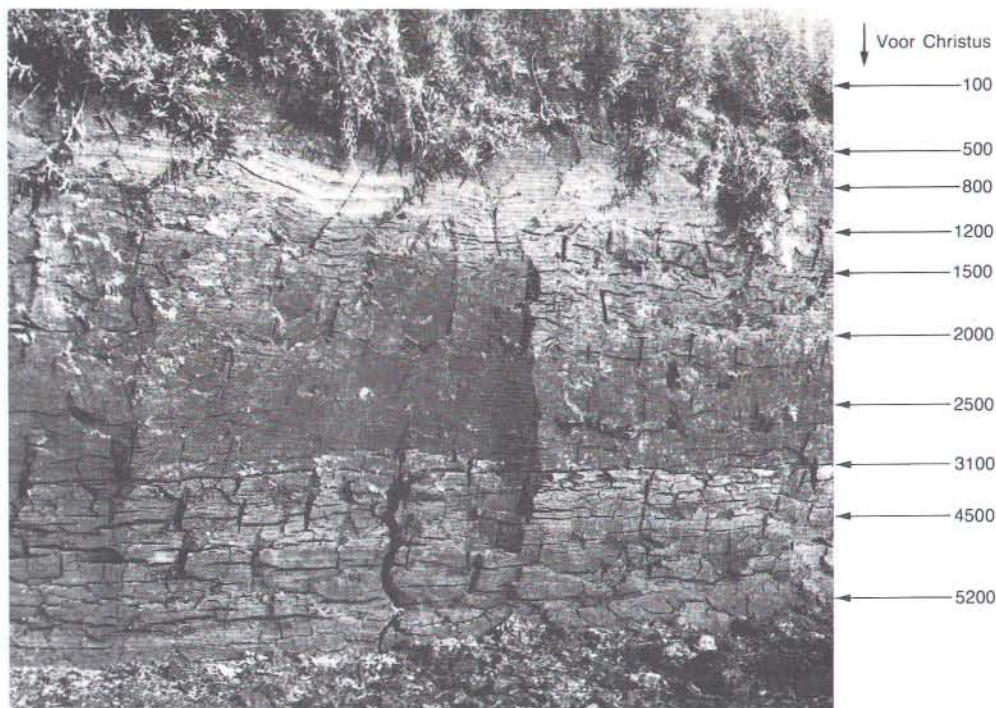
Links: Een ontwateringsgreppel dwars door een meerstal (de watervoorraad van het veen). Let op de toch nog hoge waterstand in het veen, die echter al te veel gedaald is om de meerstal nat te houden.

Rechtsboven: De Hautes Fagnes. De mystieke sfeer van hoogvenen komt in dit herfstige landschap fraai tot uiting. Op het veen groeit de rijsbes (*Vaccinium uliginosum*), die op de Noord-nederlandse venen ontbreekt.

Rechts: De vorming van *Sphagnum*veen in het Bargerveen.



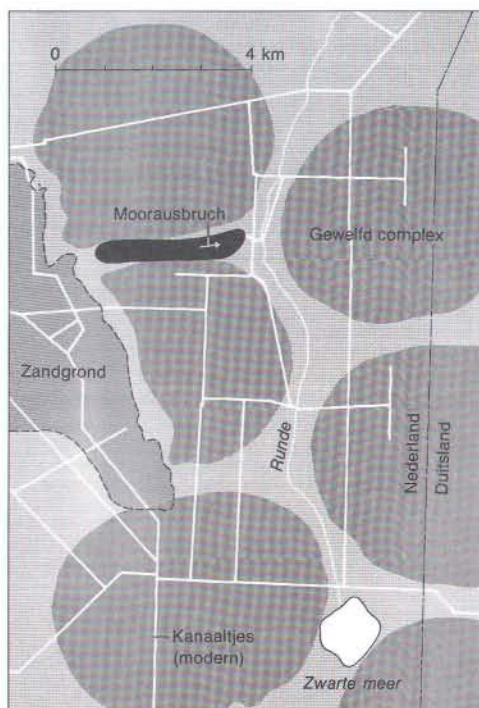
berekening van droge akkers, het realiseren van buffervoorraden voor drogere tijden enz. Deze zaken zijn beheersbaar, d.w.z. in de hand te krijgen. Mag hieruit afgeleid worden, dat er in het algemeen voldoende water voor natuurbeheer beschikbaar is? Of geeft deze globale benadering een onjuist beeld van de hydrologische mogelijkheden, die de beheerder ter beschikking staan? Om in het bijzonder voor veengebieden op deze vragen een antwoord te kunnen geven, zullen we nader ingaan op een aantal zaken, die met hoogveen-
vorming te maken hebben, zoals de bouw van de belangrijkste hoogveenvormers (de veenmossen), de veengroeimechanismen van hoogveen, de hydrologische randvoorwaarden voor hoogveengroei. Daarnaast worden maatregelen met betrekking tot het hydrologisch beheer van hoogveengebieden voorgesteld.

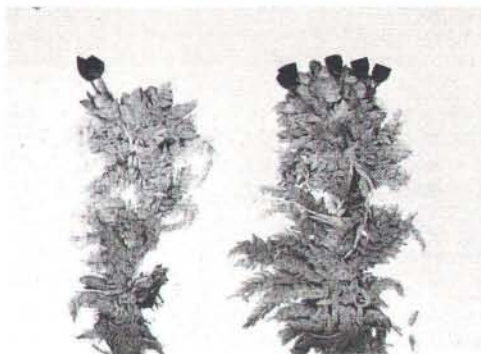


Veenmossen

Sphagna, veenmossen, hebben geen wortels; de stengeltop groeit steeds door, terwijl het oudere deel afsterft maar zijn functie van wateropslag kan blijven behouden. Veenmosblaadjes hebben geen huidmondjes; ze kunnen de verdamping niet afremmen. De veenmosplantjes zijn voor hun water- en voedselvoorziening grotendeels direct afhankelijk van de neerslag. De stengels hebben maar een beperkte capaciteit het water naar boven, naar de groeitoppen, te transporteren. Voor veenmosgroei is daarom een vochtig milieu nodig. Bij veenvormende *Sphagna* komt daar nog bij, dat de afgestorven plantedelen niet geheel mogen verteren. Dat betekent in de praktijk, dat ze in zuurstofarm, voedselarm, zeer zuur (pH 3,2 - 3,8 is optimaal), waterrijk milieu bewaard moeten blijven. Een dergelijk milieu is ook een sterke rem op bacteriële en schimmelactiviteiten.

Het voor deze voorwaarden noodzakelijke water zit vooral opgeslagen in de zgn. hyaliene cellen van de veenmosblaadjes en tussen deze



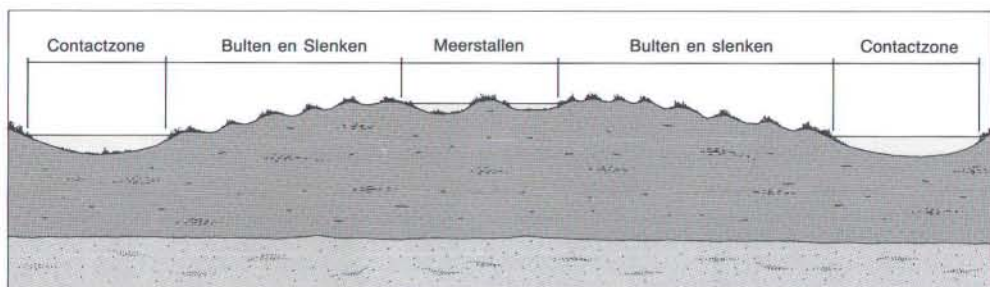


Geheel links: Het ontstaan van hoogveen is een proces van duizenden jaren.

Links: Veenmos van dichtbij. Dit is *Sphagnum papillosum*, een veenvormer van zeer natte standplaatsen, met sporekapsels. De plantjes zijn ongeveer 3 cm lang.

Linksonder: Fig. 1. Het reliëf in het voormalige Bourtangerveen, oostelijk van Nieuw-Dordrecht. Dat de contactzones het natst zijn zien we aan het riviertje en aan het (eind negentiende eeuw ontwaterde) Zwarte Meer. Tussen 1500 en 500 voor Christus was er nog een meer met zeer nat oevergebied. Daar vinden we nog de sporen van een zgn. Moorausbruch (zie pag. 110). Het latere netwerk van ontwateringskanalen is ook aangegeven.

Onder: Fig. 2. Doorsnede door een gewelfd hoogveen. De verticale schaal is zo'n vijftig maal overdreven.



blaadjes. De hyaliene cellen bestaan uit met ribben verstevigde celwanden, waarin openingen zitten. Hierdoor kan het water binnentreden. De kleine levende cellen, die tussen de hyaliene cellen gelegen zijn, verzorgen dit opnameproces. Een milieu met hoogveenvorming kenmerkt zich door een hoge waterstand; een veenwaterstand van slechts enkele centimeters onder het veendek. Veenvormende *Sphagna* hebben dus een overvloed aan water nodig, gekoppeld aan een hoog veenwaterniveau; een watersurplus-situatie.

*Sphagnum*veen wordt onderscheiden in sterk vergaand mosveen, ook wel zwartveen of oud veenmosveen genoemd, en weinig vergaand mosveen, dat gewoonlijk witveen, grauwveen of jongveen wordt genoemd. Bij *zwartveen* is de verwerking van de veenmosplanten vaak zo sterk voortgeschreden, dat de plantenresten nauwelijks meer herkenbaar zijn. Bij *witveen* kan men gewoonlijk nog met het blote oog de *Sphagnum*plantjes onderscheiden. In het algemeen zijn in venen alle gradaties in verwerking aanwezig, van weinig vergaand witveen tot sterk vergaand zwartveen.

Reliëf in het veen

Hoogveenoppervlakken hebben gewoonlijk duidelijke vegetatiepatronen: bulten en slenken. Het zijn in feite droog-nat patronen. De wat drogere *bulten* zijn gewoonlijk rond tot ovaal, 3 tot 6 m in doorsnede en 10 à 20 cm hoger dan de aanzienlijk nattere *slenken*. In de *slenken*, die in hun samenhang een soort netwerk vormen, vindt het voor de veenvorming noodzakelijke watertransport plaats. Op de bulten groeien vaak planten, die wat drogere situaties kunnen verdragen, zoals eenarig wollegras (*Eriophorum vaginatum*), struikheide (*Calluna vulgaris*) en andere heideachtigen. De *Sphagnum*groei vindt vooral in de slenken plaats. In veel slenken is open water aanwezig. Bult-slenk patronen kunnen zich duizenden jaren handhaven (zie fig. 1 en 3).

Hoogveenvorming is een dermate kwetsbaar proces, dat het slechts onder bepaalde ruimtelijke omstandigheden kan optreden. Zo zijn hoogveenoppervlakken gewelfd (zie fig. 2); de diameter van een *gewelfd complex* kan enkele kilometers bedragen en de hoogte in het cen-

trum ligt enkele meters boven die van de rand. Grote hoogvenen bestaan uit een aantal van die complexen (zie fig. 1). Waar deze gewelfde complexen aan elkaar grenzen hebben zich *contactzones* ontwikkeld.

Boven op het hoogste deel van het gewelfde veenoppervlak bevindt zich in zgn. *meerstallen* de grote watervoorraad, die de perifere afwatering via de slenken naar de contactzone in stand houdt, ook als er gedurende langere tijd geen neerslag is geweest. De voorraad wordt in de natte herfst en winter opgebouwd. De vegetatie van de slenkbodem veroorzaakt aanzienlijke stagnatie in de afvoer van water; regenbuien stromen bijvoorbeeld maar heel langzaam af. Het water in de slenken blijft op deze manier zo lang mogelijk voor de veenmosgroei beschikbaar, ook mede door de sponswerking van veenmos.

Milieuveranderingen tijdens de veenvorming

Het sterk zure karakter van het veenwater wordt door het veenmos zelf in stand gehouden, onder andere door uitwisseling van metaalionen in het water tegen waterstofionen. Het aanvankelijk streng voedselarme (*oligotrofe*) karakter van het water wijzigd zich geleidelijk, ook al is het veenoppervlak zeer voedselarm. Mede door enige erosie van het veenoppervlak (door golfslag, vorst, afbraak van gestorven planten enz.) en bijv. door bemesting (door bezoekende vogels) wordt het veenwater op den duur toch wat meer voedselrijk (*eutroof*) en minder zuur. Dit gebeurt vooral bij stilstaand water.

Vermindering van de zuurtegraad en eutrofiëring remmen de hoogveengroei af en induceren verdergaande vertering omdat afbraakprocessen door bacteriën en andere micro-organismen op gang kunnen komen en de vitaliteit van de veenvormende *Sphagna* wordt aangetast. Goede veenvormingscondities vragen om zeer langzaam stromend water.

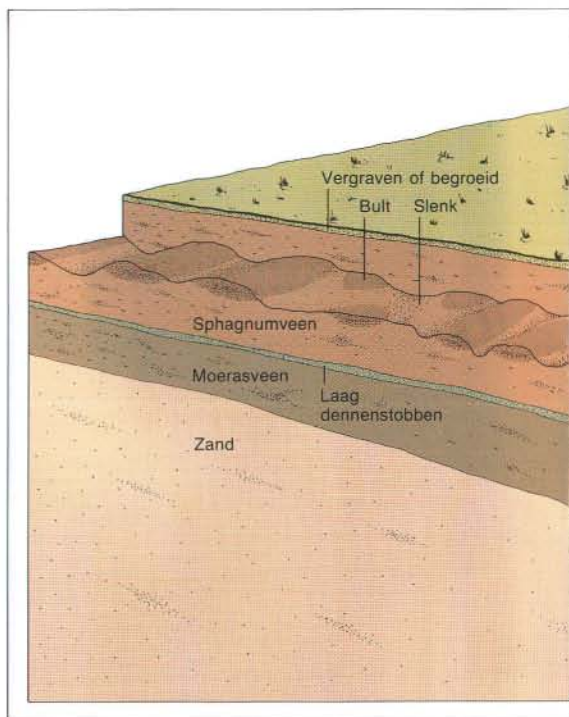
Het van de gewelfde complexen afgestroomde water verzamelt zich in de contactzones tussen deze complexen. Het water blijft hierdoor in het hoogveen aanwezig, maar is gewoonlijk reeds zoveel voedselrijker geworden en minder zuur, dat het als het ware een bedreiging kan worden voor de *Sphagnum*groei. Contactzones hebben wel een natuurlijke (gedeeltelijke) afvoer via veenbeekjes en veenriviertjes,

maar door verdamping, juist in de vegetatieperiode, wordt het resterende water nog voedselrijker. Het water blijft daarbij zo langdurig in de contactzones aanwezig, dat er sprake is van een reëel aanbod van voedingsstoffen.

Moorausbrüche

Zo nu en dan treden in hoogvenen enorme erosies op; hierbij verdwijnen dan enorme hoeveelheden water, waarbij ook veen wegspoelt. Het is in feite de extra afvoer van water uit de contactzones, dat voor de veenvorming geen directe functie meer heeft. De Duitse term voor deze veenerosies is *Moorausbrüche*: veenuitbraken. Men kan dit het 'zelfreinigend vermogen' van hoogvenen noemen, want na een *Moorausbruch* komt de hoogveenvorming in zo'n geërodeerd gebied opvallend goed op gang. Het afgevoerde water was immers te voedselrijk en te weinig zuur.

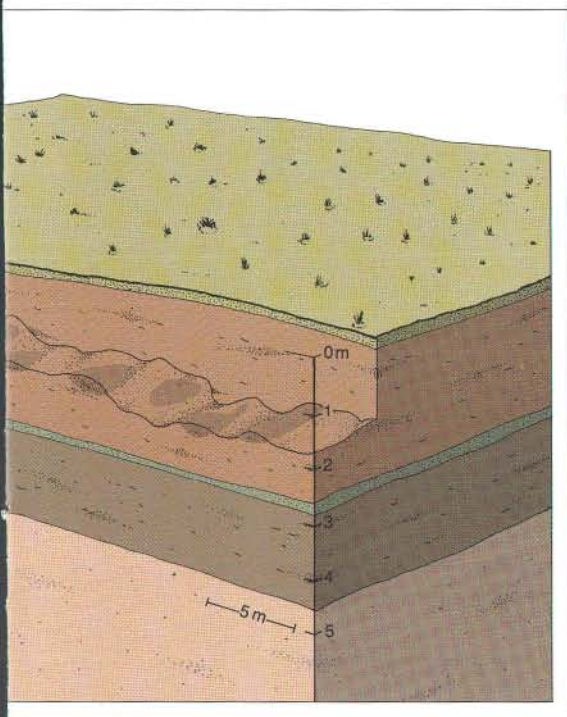
Onder: Fig. 3. Het patroon van bulten en slenken onder de houten veenweg van ca. 2100 voor Chr., bij Nieuw-Dordrecht, in het voormalige Bourtangerveen. Dergelijke patronen kunnen zich duizenden jaren handhaven.





Boven: Niet alleen de vogelveren op de waterlijn verraden intensief vogelbezoek aan dit waterbassin, maar ook de uitgebreide pitrusvegetatie en het zaaibed van pijpestrootje (voorgond links) wijzen op voedselrijk worden

van het water en op de daarmee samenhangende oxydatie van het veen.



De bij een dergelijke catastrofale waterafvoer te verwachten uitdroging van het veenoppervlak blijft beperkt tot zeer lokale uitbreidingen van drogere vegetaties (struikheide en eenarig wollegras). Het resultaat is daarom voornamelijk een geringe inzakking van het veenoppervlak. De lagere plekken worden weer spoedig met water opgevuld. Moorausbrüche treden vooral op bij oververzadiging van het veen met water. Dit komt alleen maar voor in herfst en winter.

Neerslag en zomertemperatuur

Voor 'goed ontwikkelde' hoogveenen is een gemiddelde jaarlijkse neerslag van 750 mm of (veel) meer nodig. Daarnaast speelt de temperatuur nog een belangrijke rol ten aanzien van de mogelijkheid van hoogveenvorming. Te hoge zomertemperaturen veroorzaken zo'n sterke verdamping, dat de veenmossen dit niet overleven. Deze situatie doet zich in Nederland in het algemeen niet voor; wel echter in België. Daar belet juist de zomertemperatuur in het algemeen de hoogveenvorming.

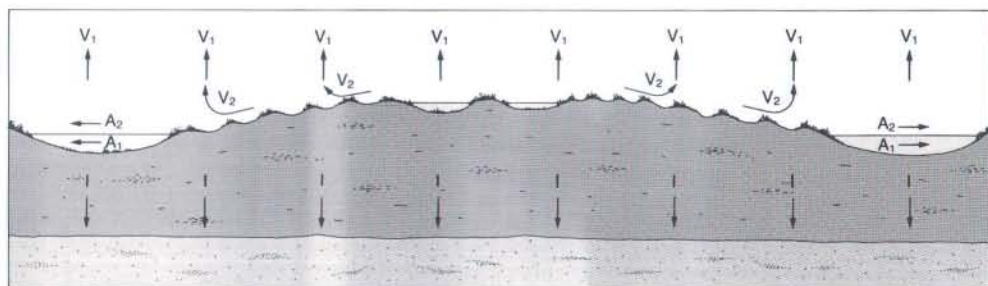
De waterbalans in cijfers

De *verdamping* van hoogvenen is aanzienlijk. Deze kan in reeds enigszins ontwaterde hoogvenen 80 procent van de neerslag op jaarbasis bedragen. We moeten aannemen (exacte gegevens ontbreken), dat een goed groeiend hoogveen met vooral grootbladige *Sphagna* (die weinig vergaan veen vormen), ruim 80 procent van de neerslag zal verdampen. Als we voor deze *verdamping* V 85 procent aanhouden, betekent dit dat de som van de directe verdamping V_1 en van de verdamping van het systeem-noodzakelijke water V_2 , 640 mm bedraagt. Het water van de V_2 heeft dan al een aanzienlijke weg door het perifere slenken-afwateringssysteem afgelegd. Welk deel van de verdamping aan V_1 of V_2 toegerekend kan worden, laat zich niet goed vaststellen. Er is vermoedelijk geen stricte scheiding tussen de twee componenten.

De *verticale inzijging* I in de zandondergrond is bij levende hoogvenen altijd zeer gering; gewoonlijk 3 à 4 procent, ongeveer 25 mm.

De *horizontale afvoer* A , d.w.z. de som van systeem-noodzakelijke afvoer A_1 en echt overtollig water A_2 bedraagt in deze balans 85 mm, zijnde 11 à 12 procent van de totale neerslag. Ook hier laat zich het aandeel van elk van de twee componenten niet goed vaststellen. We kunnen echter aannemen dat A_1 in het algemeen kleiner is dan A_2 . De som van alle componenten hoeft niet groter te zijn dan ca. 700 mm, wat we de minimum neerslag voor hoogvenen zouden kunnen noemen. A_1 hoeft daarom niet groter te zijn dan 35 mm.

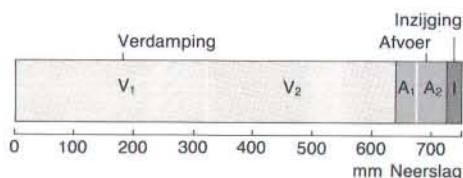
Wel is duidelijk, dat A_1 een zekere minimumwaarde moet hebben; er is een bepaalde hoeveelheid water nodig om de stroming op gang te houden. We stellen de A_1 , vermoedelijk tamelijk arbitrair, op eenderde van de totale afvoer van 85 mm, d.w.z. 30 mm. Het arbitraire zit vooral hierin, dat de waarde zich waarschijnlijk niet evenredig met bijv. stijgende neerslagwaarden ontwikkelt, maar hierbij achterblijft. Voor A_2



Als in de gebieden met minder dan 700 mm neerslag per jaar zich geen hoogvenen kunnen ontwikkelen, rijst de vraag hoeveel van die 700 mm beslist nodig is om hoogveengroei *in stand* te houden? Dit is niet exact te berekenen maar er is wel een globale indicatie mogelijk. Om de werkelijkheid zoveel mogelijk te benaderen, zullen we uitgaan van de Nederlandse situatie van een gemiddelde jaarlijkse neerslag van 750 mm. De (grote) jaarlijkse schommelingen – vooral droge zomers – hebben uiteraard een grote invloed op de mogelijkheden van hoogveenvorming.

Boven: Fig. 4. De waterbalans in het hoogveen bestaat uit een aantal componenten: de verdamping V , de (horizontale) afvoer A en de (verticale) inzijging I . De verdamping wordt opgesplitst in de rechtstreekse verdamping V_1 en de verdamping na transport over het veenoppervlak V_2 . De afvoer bestaat uit de systeem-noodzakelijke afvoer A_1 , die het water in het veen in beweging houdt en de overtollige afvoer A_2 .

Rechts: Een veengebied moet zoveel mogelijk neerslag zien vast te houden. Hier een grootschalige inundatie in het Bargerveen.



blijft dan nog 55 mm over. In de vegetatieperiode, in het bijzonder tijdens het zomerneerslagtekort, zal A_2 overwegend negatief kunnen zijn. Het is beslist niet zo, dat alle neerslag boven de 700 mm als echt overtollig water wordt afgevoerd. De hoogvenen zijn ingesteld op het vasthouden van een groot deel van de neerslag, ook als die veel meer bedraagt dan 700 mm.

Gesteld kan worden, dat in de Nederlandse situatie, met uitzondering wellicht van het meest zuidelijke deel, de hoeveelheid neerslag niet de

beperkende factor voor hoogveenvorming is. Wel is zeker, dat groeiende hoogveensystemen in de vegetatieperiode op hun watervoorraden interneren. De neerslag in de periode van 1 mei tot 1 oktober, globaal de vegetatieperiode, bedraagt ongeveer 350 mm (gemiddeld 47 procent van de jaarlijkse neerslag). Het verzorgen van de hoogveengroei in deze periode kost meer water; meer dan 450 mm.

Het neerslagtekort wordt – in feite vooraf – ongedaan gemaakt door de maximale vulling van de slenken en meerstallen, en door de waterverzadiging van het veendek (sponswerking van het veenmos). Het is bekend, dat in vroeger tijden het veenoppervlak in de winter voor zo'n 20 - 30 procent uit open water kon bestaan en dat hoogveenriviertjes in najaar en winter konden aanzwellen tot aanzienlijke breedtes met hoge afvoeren. Dit duidt erop, dat de natuurlijke berging van hoogvenen in relatief korte tijd gevuld kon worden.



Waterbalans

De verdamping van veenvormende *Sphagnum* kan aanzienlijk groter zijn dan 100 procent (verdamping van open water), zelfs tot 300 procent. Die sterke verdamping wordt veroorzaakt door het reeds genoemde ontbreken van huidmondjes, door het microreliëf van het veenoppervlak, waarbij de groeitoppen van *Sphagnum* het verdampende oppervlak vergroten, en de aanzuiging van water door de mosstengels naar de groeitoppen. De hoogte van die opzuiging is gewoonlijk minder dan 10 cm. Het zal iedereen duidelijk zijn, dat zulke sterke verdamping onder natuurlijke omstandigheden hoogstens maar voor zeer korte tijd op kan treden.

Enigszins anders dan in hydrologische modellen gebruikelijk is, onderscheiden we bij de verdamping twee componenten (zie fig. 4). Een deel van de neerslag wordt (bijna direct) in de bovenste centimeters van de veenvegetatie opgenomen. Het voedt de aldaar groeiende



Boven: Om goed inzicht in het waterregiem van het Bargerveen te krijgen doen het Staatsbosbeheer en het waterschap Bargerbeek een uitgebreid hydrologisch onderzoek. Bij hoogveen is sprake van drie waterpellen; van witveen, van zwartveen en van de minerale ondergrond. Elk peil heeft zijn eigen karakteristieken; voor elk peil daarom een aparte peilbuis. De waterstanden worden eens per week gecontroleerd.

Rechts: De Peel bij Deurne (Nederland): een ernstig afgetakeld hoogveen. Niet alleen het eenarig wollegras (*Eriophorum vaginatum*), maar ook het veenpluis (*Eriophorum angustifolium*) valt op door zijn witte vruchtpluis. De laatste soort is geen echte hoogveenbewoner. Hij groeit bij voorkeur in minerale bodem.





planten, waardoor – in combinatie met de verdamping van dit water – de veengroei in stand wordt gehouden. Dit deel van de verdamping noemen we V_1 .

Een ander deel van de neerslag, die uiteindelijk verdampt, gaat eerst als oppervlakkig stromend water een min of meer lange weg in de richting van de contactzones. Het vult, simpel gezegd, het lokale watertekort aan, dat bij sterke verdamping in de bovenste centimeters van de veenvegetatie optreedt. Hierdoor kan die sterke verdamping van die vegetatie in stand blijven. Dit – uiteindelijk verdampende – water kan gezien worden als noodzakelijk om de veenvorming als systeem in stand te houden. Het verzorgt mede de hoge stand van het veenwaterpeil en daarnaast houdt het, samen met het afvoerwater, de waterstroming in de slenken gaande. Dit deel van de verdamping noemen we V_2 .

Bij de *oppervlakkige afvoer*, dat is water dat in stromende vorm het veen verlaat, onderscheiden we ook twee componenten. Dat water heeft namelijk twee functies. Het houdt, samen met de verdampingscomponent V_2 , de stroming van water in stand, die noodzakelijk is om het hoge veenwaterpeil te onderhouden, het teveel aan voedingsstoffen af te voeren en de zuurtegraad op peil te houden. Dit gedeelte van de afvoer noemen we A_1 , de systeem-noodzakelijke afvoer. Het gedeelte van de afvoer, dat niet noodzakelijk is om het systeem in stand te houden, noemen we het echt overtollige water. Als deze component nul wordt, kan de hoogveengroei zich toch handhaven. Deze A_2 heeft dezelfde afvoerweg als A_1 , via de slenken en contactzones naar het hoogveenriviertje en vervolgens tot buiten het hoogveen.

Een deel van de neerslag zakt door het veen; het verdwijnt via dit veenpakket in de zand-ondergrond, waar het deel gaat uitmaken van het grondwater. Deze afvoer, ook wel de *inzigging* genoemd, duiden we aan met I . Het betreft hier 'echte afvoer'; het water voedt niet de veenvormende vegetatie en het houdt niet de waterdruk in het hoogveencomplex in stand. Het heeft echter wel een belangrijke rol in het verzorgen van een waterverzadigde minerale ondergrond. Als hierin 'lekkages' optreden, wordt een hoogveen toch met uitdroging bedreigd. V_2 , A_1 en I vormen de watersurplus-situatie, nodig voor veenvorming.

Droogte

Het zal duidelijk zijn dat droogte de grootste bedreiging voor hoogveen is, maar drogere situaties hoeven niet meteen fataal te zijn voor het hoogveen. Dit geldt in het bijzonder voor een droog vegetatiedek als gevolg van sterke verdamping, mits in de volgende winterperiode de watervoorraad weer wordt aangevuld. Bij langdurige droogte verliest een hoogveen toch zoveel water dat uitdroging dreigt. Als gevolg van dit waterverlies zakt het veenoppervlak in, waardoor het toch vrij dicht bij het veenwaterpeil kan blijven. In de volgende regenrijke periode zwelt het veenlichaam weer. Dit op en neer gaan van het veenoppervlak – essentieel om veengroei in stand te houden – noemen de Duitsers Moortatmung.

Tegen het aftappen van de watervoorraad in het veen door het graven van greppels en sloten heeft een hoogveen geen verweer. De versnelde afvoer van het veenwater leidt tot droger worden en uiteindelijke uitdroging, die een definitief einde maakt aan de veenvorming. Onze ontginnende voorouders wisten dit en hebben met succes deze kennis toegepast.

Om droge perioden te 'overleven' heeft een hoogveen drie mechanismen ontwikkeld:

- De aanleg van watervoorraden op hoog niveau, in meerstallen (buffervoorraad), en een zo lang mogelijke transportweg van het voor de hoogveenvorming noodzakelijke water, via

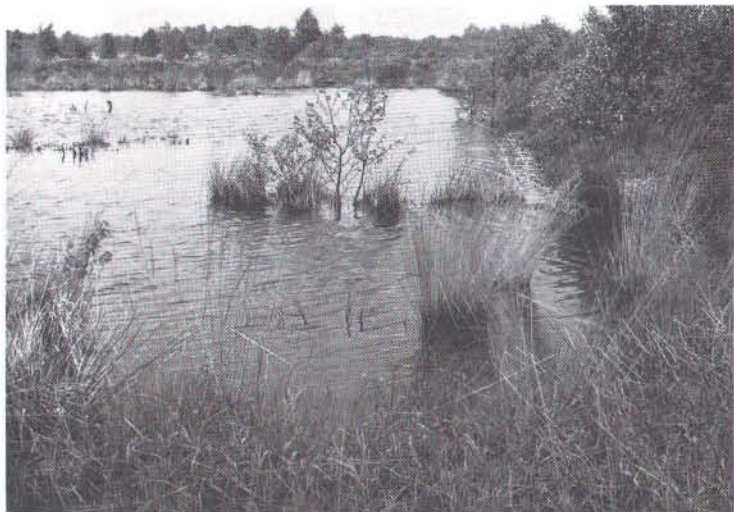
de slenken (de perifere afwatering), waardoor het aanwezige water maximaal benut wordt.

- De Moortatmung, waarbij het veenwaterpeil op natuurlijke wijze toch vrij hoog kan blijven. Een goed levend hoogveen kenmerkt zich door zeer geringe schommelingen in de veenwaterstand het hele jaar door; slechts zo ongeveer 10 - 15 cm.

- De vervanging van sterk verdampende *Sphagnum*vegetaties door minder verdampende begroeiing; o.a. heideachtigen en eenarig wollegras. Deze aanpassing aan drogere condities heeft risico's voor de veenontwikkeling, ook op langere termijn. Als zich bijv. pitrus (*Juncus effusus*) en het gras pijpestrootje (*Molinia caerulea*) op het veenoppervlak vestigen, gaat dit sterker oxyderen (verweren). Als gevolg op deze vergrassing kan zelfs boomgroei optreden (berken, lijsterbessen). Afbraakprocessen, die tot dit stadium zijn voortgeschreden, zijn moeilijk omkeerbaar; er is dan eigenlijk geen sprake meer van een levend hoogveen.

Het beheren van hoogveengebieden

Het beheren van een ongestoord hoogveen met het daarbij horende hydrologische systeem lijkt een tamelijk eenvoudige zaak. Als de neerslag maar niet daalt naar lagere waarden dan gemiddeld 700 mm per jaar, zou een hoogveen zichzelf in stand kunnen hou-





den. De juistheid van deze veronderstelling kan niet meer bewezen worden. We vermoeden wel, dat onder andere de kwaliteit van de neerslag – die we hier overwegend buiten beschouwing hebben gelaten – naast allerlei menselijke ingrepen, het ongestoord voortbestaan van een hoogveen kan bedreigen (luchtverontreiniging, zure regen).

Er bestaan in Nederland geen ongestoorde hoogvenen meer; wat nog resteert zijn over het algemeen sterk vergraven en daardoor verdroogde veenterreinen, met een geheel andere waterbalans. Deze kenmerkt zich vooral door minder verdamping en veel hogere horizontale afvoer en verticale inzijging. De hydrologische situatie in dergelijke terreinen is waarschijnlijk



Boven: Alle inundatie ten spijt blijven delen van het meest gave gedeelte van het veenreservaat Bargerveen te droog. Hier vestigt zich de berk met als gevolg dat ook het diepere veen door wateronttrekking te droog gaat worden. Het instandhouden van de openheid van het hoogveen – noodzakelijke voorwaarde om de veenvorming weer op gang te krijgen – vereist onderhoud. Hier wordt de boomopslag verwijderd.

Geheel links: Een andere manier om de berken te verwijderen is het blank zetten van de gedeeltelijk afgegraven veenplaatsen. Dit leidt tot waterverzadiging van het zwartveen. Door de hoge waterstand sterven de berken af.

Links: Soms gaan schollen bolsterveen (bij het turfgraven teruggestort witveen) drijven, wanneer de berkenwortels, die deze stukken veen aan het onderliggende zwartveen vasthielden, zijn verrot.



zodanig, dat hoogveenvorming niet automatisch op gang zal komen bij een beheer van 'nietsdoen'. De belangrijkste vraag aan de beheerder van een veenterrein is, of hij de bijna altijd veel te hoge afvoer zodanig kan beheersen, dat er voldoende water voor hoogveenvorming beschikbaar komt; en zo ja, of er dan inderdaad weer *Sphagnum*groei op gang komt, wat uiteindelijk de bedoeling is.

Voldoende water voor hoogveenvorming hoeft niet zonder meer te betekenen, dat van 700 mm neerslag ca. 640 mm aan verdamping en zo'n 30 mm aan de systeemnodzakelijke afvoer A_1 moet worden besteed. Het betekent in ieder geval wel het creëren van veel water, dat goed zuur en oligotroof moet zijn, op hoog niveau in het terrein. Dit water moet via een maximaal lange weg, met zeer geringe snelheid oppervlakkig kunnen afstromen, waarbij in het veen een hoog waterpeil met slechts geringe schommelingen gerealiseerd wordt.

Met welke problemen krijgt de beheerder dan te maken? Het zal onmogelijk zijn alle neerslag te beheersen. Het beperken van het niet-beheersbare deel van de oppervlakkige afvoer tot zo'n 50 mm per jaar – zodat er 700 mm voor het veen beschikbaar is – zal een bijzonder moeilijke opgave blijken te zijn. Het is evenwel waarschijnlijk, dat lokale hoog-

Boven: De eerste noodzaak in een veengebied is om de veel te hoge afvoer in toom te krijgen, zodat het veen weer de beschikking krijgt over voldoende water. Daartoe is het noodzakelijk om bassins aan te leggen. Deze foto (juni 1979) toont de aanleg van een zwartveendam die het water moet gaan tegenhouden. Het witveen en het losse bolsterveen worden eerst verwijderd.



veengroei op gang kan komen, zonder dat in het gehele gebied een 'volmaakte' waterhuishouding, zoals de waterbalans fig. 4 aangeeft, is gerealiseerd. De resultaten met het beheer van het 'Meerstalblok', een deel van het Bargerveen, zijn bemoedigend: door het afdammen van greppels met witveendammetjes is het hoogveenoppervlak al weer zo goed vochtig geworden, dat de *Sphagnumgroei* op veel plekken goed op gang komt. Zelfs de zeer droge zomer van 1983 heeft geen funeste gevolgen voor deze veenvorming gehad.

De verdamping van een zgn. afgetakeld hoogveen met deels bijv. berkenopslag is, over het hele jaar genomen, gewoonlijk beduidend minder dan van een levend hoogveen. De bomen trekken echter het water uit het diepere veen, met als uiteindelijk gevolg lekken van het veenpakket. De inzijsing is dan zo groot dat het vegetatiedek toch te droog blijft voor *Sphagnumgroei*.

Hoe fraai de hoogveenvorming hier en daar op het weer vochtig geworden veenoppervlak op gang kan zijn gekomen, dit mag de beheerder niet het gevoel geven, dat hij de zaak in de hand heeft. De talrijke doorsnijdingen met greppels, sloten enz. van de hoogveenresten veroorzaken een zodanige horizontale afstroming, dat veel water veel te snel uit het veensysteem verdwijnt. Deze versnelde afvoer, waarbij een deel van het oppervlakkige afvoerwater uiteindelijk toch in de minerale ondergrond wegzijgt, moet hoe dan ook sterk verminderd worden, als eerste stap om een watersurplus-situatie te realiseren.

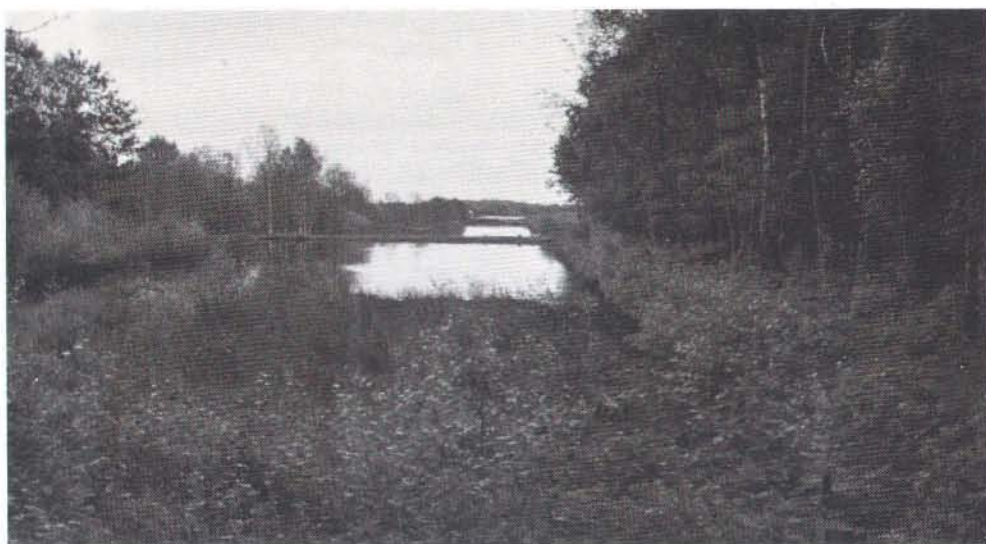
Beheersmaatregelen

Het is alle beheerders bekend dat door het afdammen van greppels, het maken van dammen van zwartveen in sloten en kanalen en het opvoeren van het waterpeil in de minerale on-

Onder: De watermassa die door de voltooide zwartveendam wordt vastgehouden (augustus 1983). Dank zij de aanwezigheid van dergelijke watermassa's heeft het veen de droge zomer van 1983 kunnen overleven.

Linksonder: In de grote meerstal van het Bargerveen groeit de uiterst zeldzame lange zonnedaauw.





Boven: Een zeer grote zwartveenput wordt door dammen in compartimenten verdeeld, om het water beter vast te

houden en golfslag tegen te gaan. Het waterpeil is 2 m gestegen, wat hopelijk de bebossing zal terugdringen.

dergrond zowel de horizontale als de verticale verliezen sterk beperkt kunnen worden. Door op zo hoog mogelijk niveau in het veen ook nog waterbassins aan te leggen, waarbij de afvoer via overloop plaats vindt, worden als het ware meerstallen gecreëerd, die de gewenste watersurplus-situatie aan het veenoppervlak kunnen verzorgen. Heeft het veenoppervlak nog zoveel reliëf, dat dit water te snel afstroomt (bijv. door de aanwezigheid van greppels en veenputten), dan kan de aanleg van dammen van witveen op veel plaatsen in de greppels overwogen worden. De oppervlakkige afvoer van het water uit deze bassins moet, zoals altijd, traag zijn.

Het opvangen in bassins van het oppervlakkig stromende water, dat zijn weg over het veenoppervlak heeft afgelegd, is een belangrijke zaak. Deze waterverzamelingen hebben de functie van contactzone. De watermassa zorgt voor de instandhouding van de waterdruk in het veen (sponswerking); het verhang in het veenoppervlak wordt hierbij minder. Dit kan de snelheid van het afstromende water laag houden. In deze situatie kan de Moortatmung zich misschien weer ontwikkelen.

In feite zal het in veenreservaten nauwelijks of niet aan te geven zijn of een bassin de functie van meerstal danwel van contactzone ver-

vult. Dit is ook niet zo belangrijk; de (eventuele) differentiatie zal te zijner tijd, als de hoogveenvorming weer op gang is gekomen, wel duidelijk worden. Wel is belangrijk, dat zulke bassins alleen oppervlakkig, dat wil zeggen zo mogelijk door overstroming van het veenoppervlak, afwateren.

Een bekend groot probleem bij het beheer van veenterreinen is in veel gevallen de sterk toenemende voedselrijkdom en verminderde zuurtegraad van het water in deze bassins. Als dergelijke situaties zich voordoen, zou het water op een wijze, die vergelijkbaar is met een Moorausbruch, versneld kunnen worden afgevoerd. Als een dergelijke beheersmaatregel in het vroege najaar wordt uitgevoerd, mag worden aangenomen, dat de hierop volgende najaars- en winterneerslag in het algemeen voldoende zal zijn om de geleegde bassins tijdig weer gevuld te krijgen ten behoeve van de veenvorming in het volgende jaar. De meest realistische nabootsing van een Moorausbruch zou het doorsteken van de dammen zijn, die het water in het veenterrein zo veel mogelijk vasthouden. Dit geeft echter onaanvaardbare wateroverlast en schade in het benedenstroomse gebied. De versnelde afvoer van water met een voor hoogveenvorming slechte kwaliteit kan op zeer bevredigende wijze tot stand wor-

den gebracht door te werken met (zwartveen-) dammen, waarin op verschillende niveaus afsluitbare duikers zijn aangebracht. Het met enig tijdsinterval één voor één openen van deze duikers, te beginnen met de hoogste duiker, is alleszins aanvaardbaar en even effectief als een echte Moorausbruch.

Het is uiteraard onmogelijk de afvoer volledig te beheersen. Als in een veenreservaat getracht wordt de hoogveenvorming weer op gang te krijgen, zal er toch naar gestreefd moeten worden de afvoer zo gering mogelijk te houden; de afvoer van het overtollige water A_2 moet uiteindelijk niet groter zijn dan 50 mm per jaar. Dit betekent in de praktijk de drainage zo klein mogelijk houden, d.w.z. het aanwezige water zo lang mogelijk vasthouden en het zeer langzaam laten afvloeien, als het maar even kan over het veenoppervlak.

Redenerend vanuit de waterbalans zou men bij het beheer van veenreservaten moeten streven naar:

V_1 : verdamping alleen uit de bovenste veenlaag; verwijderen van dieper wortelende vegetatie. Dit kan bereikt worden door een hoge veenwaterstand met weinig schommelingen na te streven.

V_2 : een zo groot mogelijke verdamping aan het oppervlak, d.w.z. stroming van zuur, oligotroof water over het veenoppervlak.

A_1 : een zodanige oppervlakkige afvoer, dat er altijd stroming over het veenoppervlak blijft. Dit water binnen het veenreservaat stroomafwaarts opvangen, controleren (zuurtegraad, oligotrofie) en weer gebruiken.

A_2 : opvangen met A_1 en in het reservaat weer gebruiken, onder andere om verlies via I te compenseren.

I: de inzijging zo klein mogelijk maken, door het afdichten van lekkages naar de ondergrond en door het opzetten van het waterpeil in de minerale ondergrond.

Enkele conclusies

Het is niet exact bekend welk deel van de neerslag minimaal nodig is om hoogveenvormingscondities in stand te houden of weer op gang te brengen. Wel is duidelijk, dat de gemiddelde jaarlijkse neerslag van 750 mm maar weinig 'speelruimte' biedt; deze is maximaal 85 mm (de horizontale afvoer $A_1 + A_2$), doch misschien slechts ca. 50 mm (A_2). Toch kan het weer tot *Sphagnum*-groei komen. Het is daarbij zaak zoveel mogelijk water op zo hoog mogelijk niveau in het reservaat vast te houden. Wordt het water in het reservaat te voedselrijk of onvoldoene zuur, dan kan het water versneld worden afgevoerd. Om dit goed in de hand te hebben zou gewerkt moeten worden met zwartveendammen, die het water vasthouden, met afsluitbare duikers, die gecontroleerd geopend kunnen worden. Er moet daarbij wel voldoende zekerheid zijn, dat de watervoorraad via de neerslag tijdig vóór de volgende vegetatieperiode weer is aangevuld.

Uitgaande van een gemiddelde jaarlijkse neerslag van 750 mm, is bij optimale hoogveenvorming de afvoer van echt overtollig water slechts ongeveer 50 mm. Dit is aanzienlijk minder dan de jaarlijkse neerslagfluctuaties. Hoogvenen hebben echter mechanismen ontwikkeld om droge perioden te overleven. Wel is het belangrijk, dat de beheerder van een veenreservaat ook in natte jaren zoveel mogelijk water vasthoudt. Dit water kan bijvoorbeeld gebruikt worden om door middel van inundatie vegetaties die de hoogveenvorming bedreigen — in het bijzonder de opslag van berken — versneld af te laten sterven. Als het de beheerder lukt de verticale inzijging terug te brengen tot ca. 25 mm per jaar en de oppervlakkige afvoer uit het reservaat tot ca. 50 mm of minder te verkleinen, dan komt de hoogveenvorming zeker weer op gang.

Literatuur

Het veen, natuurlijk en menselijk moeras. Provinciaal Museum van Drenthe, Assen, 1980. Geen ISBN.

Bronvermelding illustraties

Slagboom en Peeters, Tenge: pag. 102-103.
Prov. Museum van Drenthe, Assen: pag. 104 boven, 105.
Jan van de Kam, Griendsveen: pag. 107, 114-115.
Staatsbosbeheer, Assen-Emmen: pag. 118 boven.
De overige foto's zijn van de auteur, waarbij de foto's op pag. 104 onder, 108, 109, 117-118 en 117 overgenomen werden uit 'Het Veen' (zie literatuur).

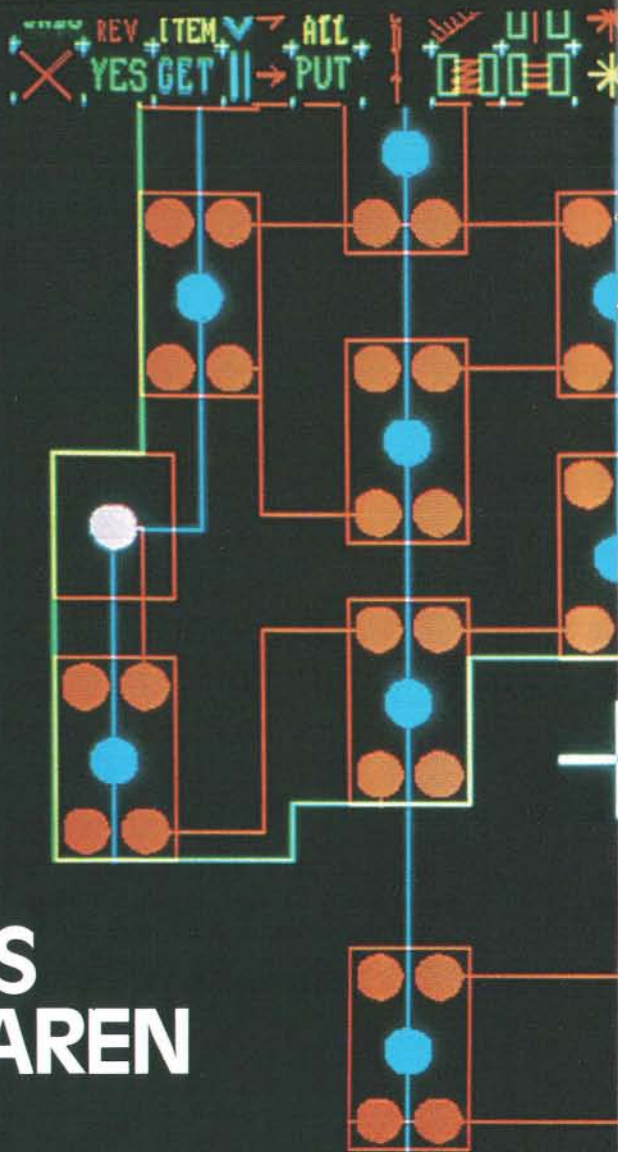
Tohru Moto-Oka
Department of Electrical Engineering
University of Tokyo
Tokyo, Japan

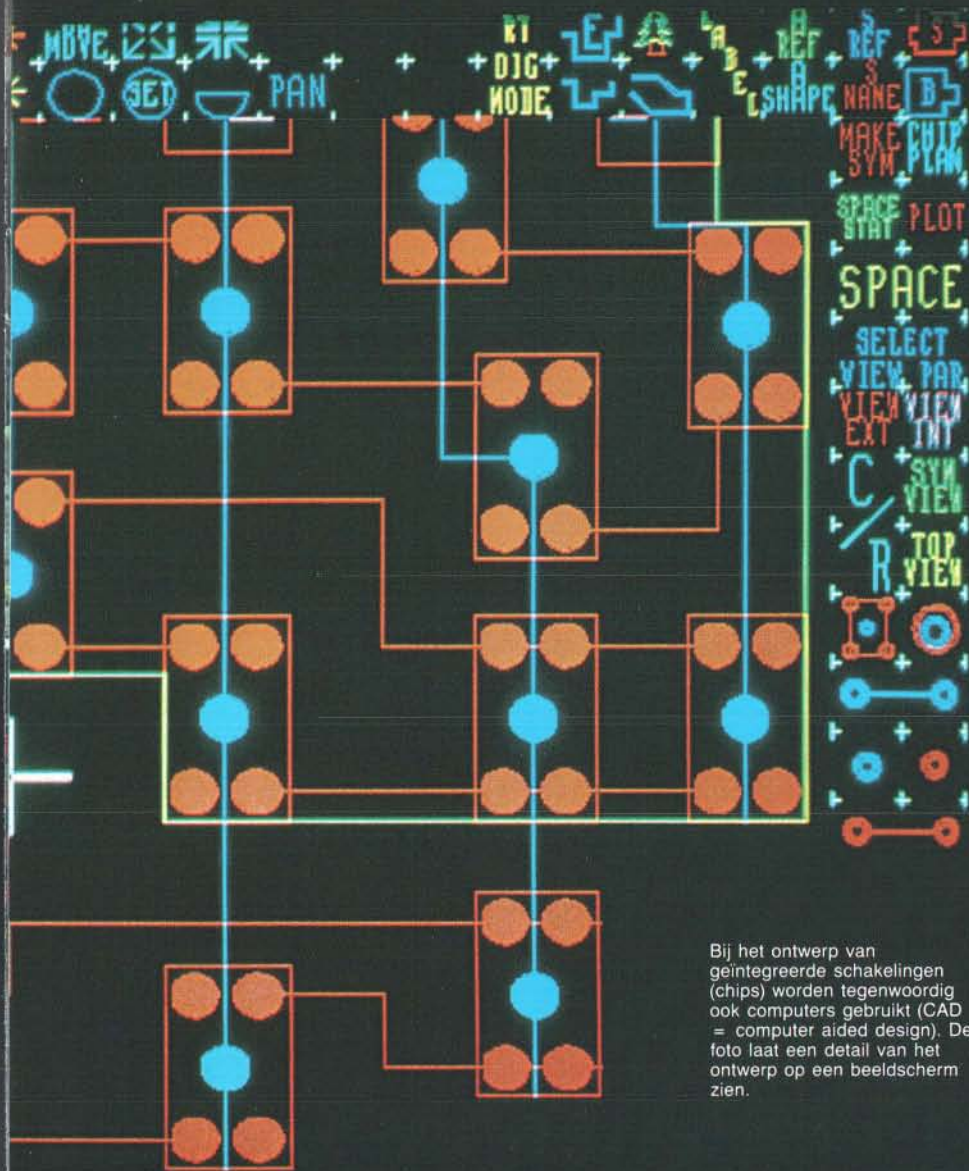
COMPUTERS VOOR DE JAREN NEGENTIG

Wordt de knecht compagnon?

Japan wil de jaren negentig beheersen met een totaal nieuwe generatie computers, de zgn. Vijfde Generatie computers. Zij onderscheiden zich hierin van de huidige (derde) generatie dat ze nog sneller kunnen werken, weer andere systemen mee helpen ontwerpen, gebruikersvriendelijker zullen zijn en ook via natuurlijke spraak met die gebruiker kunnen communiceren.

Verder zullen ze ook wezenlijk deel uitmaken van het sociale leven. Bij deze ontwikkeling zullen de vorderingen in de chip-industrie gretig gebruikt worden; de programmatuur (software) baart echter meer zorgen, omdat deze nu al achterblijft bij de ontwikkelingen in de hardware. Het is trouwens wel de vraag of deze supercomputers door de Japanners inderdaad over een jaar of tien gemaakt zullen worden.



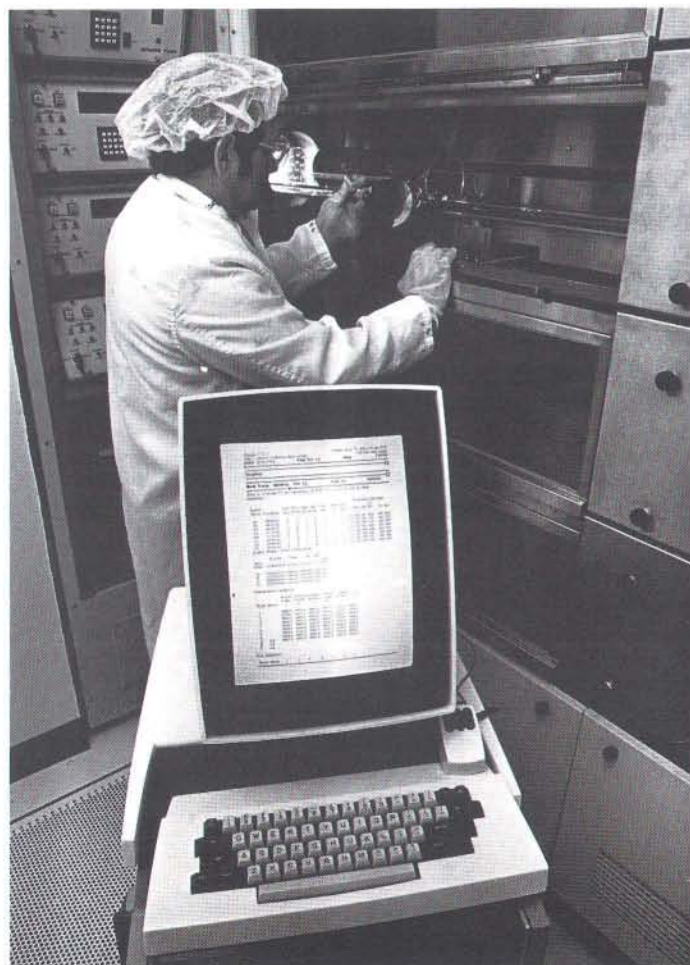


Inleiding

De Vijfde Generatie computers (FGCS = Fifth Generation Computer Systems) zullen voornamelijk in de jaren negentig de belangrijkste computersystemen vormen. Ze zullen wetenschappelijke en technische berekeningen en simulaties uitvoeren. *Databanken* (de cursief gedrukte woorden zijn uitgelegd op pag. 128-129) en grote computers van nu zullen in een netwerk ingepast worden, zodat een wereldwijd informatiesysteem ontstaat. *Microcomputers* zullen een wezenlijk onderdeel gaan vormen van het sociale leven. Veel computerfabrikanten zijn al naarstig aan het werk om deze computers te ontwikkelen.

Niet-numerieke gegevensverwerking (dus werken met andere gegevens dan alleen getallen), inclusief symboolverwerking en toegepaste *kunstmatige intelligentie*, zal een belangrijker rol spelen in de toekomstige informatieverwerking dan nu het geval is. Niet-numerieke gegevens, zoals zinnen, voordrachten, grafieken en figuren, zullen, vergeleken met *numerieke* gegevens, in een gigantische hoeveelheid gebruikt worden. Huidige computers zijn echter veel meer geschikt voor numerieke gegevensverwerking dan voor niet-numerieke verwerking.

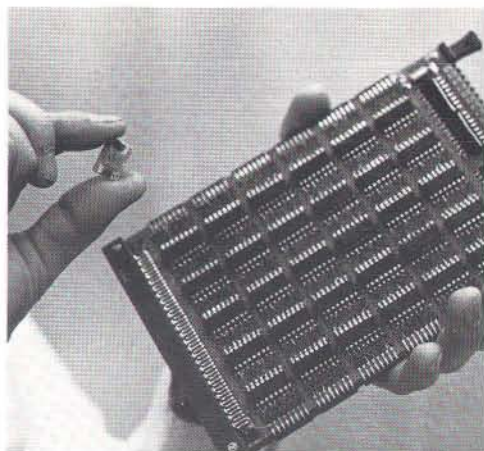
In het Japanse nationale project voor de Vijfde Generatie computersystemen (FGCS) zullen *kennisverwerkingssystemen* ontwikkeld



Links: In een fornuis worden silicium schijven onderworpen aan een aantal bewerkingsstappen. Deze leiden tot een geïntegreerde schakeling, hier van experimentele aard. De computer op de voorgrond leidt het proces stap voor stap.

Rechtsboven: De vooruitgang van de huidige computertechnologie blijkt uit deze foto. Links tussen de vingers een LSI-schakeling die in een van de huidige supercomputers gebruikt is en in de hand een equivalente schakeling uit een computer van zo'n tien jaar geleden. De kleine schakeling maakt deel uit van de CYBER 205 die 800 miljoen operaties per seconde uit kan voeren en 4 miljoen 'woorden' in het centrale geheugen heeft.

EURO
ARTIKEL



worden die bestaan uit speciale niet-numerieke computers zoals machines die kunnen concluderen uit kennisbestanden en intelligente mens-machinegrensvlak-machines, 'tolken' zeg maar.

Men begon in april 1982 met dit project, dat 10 jaar zal lopen. De eerste drie jaar zal voornamelijk de Institution of New Generation Computers Technology (ICOT) zich met het project bezighouden. ICOT werd opgezet met de hulp van het in het Westen zo langzamerhand gevreesde Ministry of International Trade and Industry (MITI) en acht leidende elektronicafabrikanten in Japan. Adviesgroepen waarin veel wetenschappers en technici zitting hebben ondersteunen dit project.

Doel van het project is nieuwe computer-systemen te realiseren om tegemoet te komen aan de voorziene vereisten van de jaren negentig. Men verwacht dat deze generatie computers de produktie zal verhogen bij niet-gestandaardiseerde werkzaamheden in de tertiaire (dienstverlenende) sector. Door het energieverbruik te verlagen en het rendement van energie-omzettingssystemen te verbeteren zullen wij grondstof- en energietekorten kunnen overbruggen. De computers zullen ook een rol spelen bij de verwezenlijking van medische, onderwijskundige en andere ondersteunende systemen. Daarmee kan men dan de steeds meer complexe, sociale problemen helpen oplossen, zoals onze verouderende samenleving. De nieuwe computers zullen verder een bijdrage leveren aan de internationale samen-

leving en zullen door internationale samenwerking, computervertaling e.d., de Japanse samenleving meer in internationaal verband helpen plaatsen.

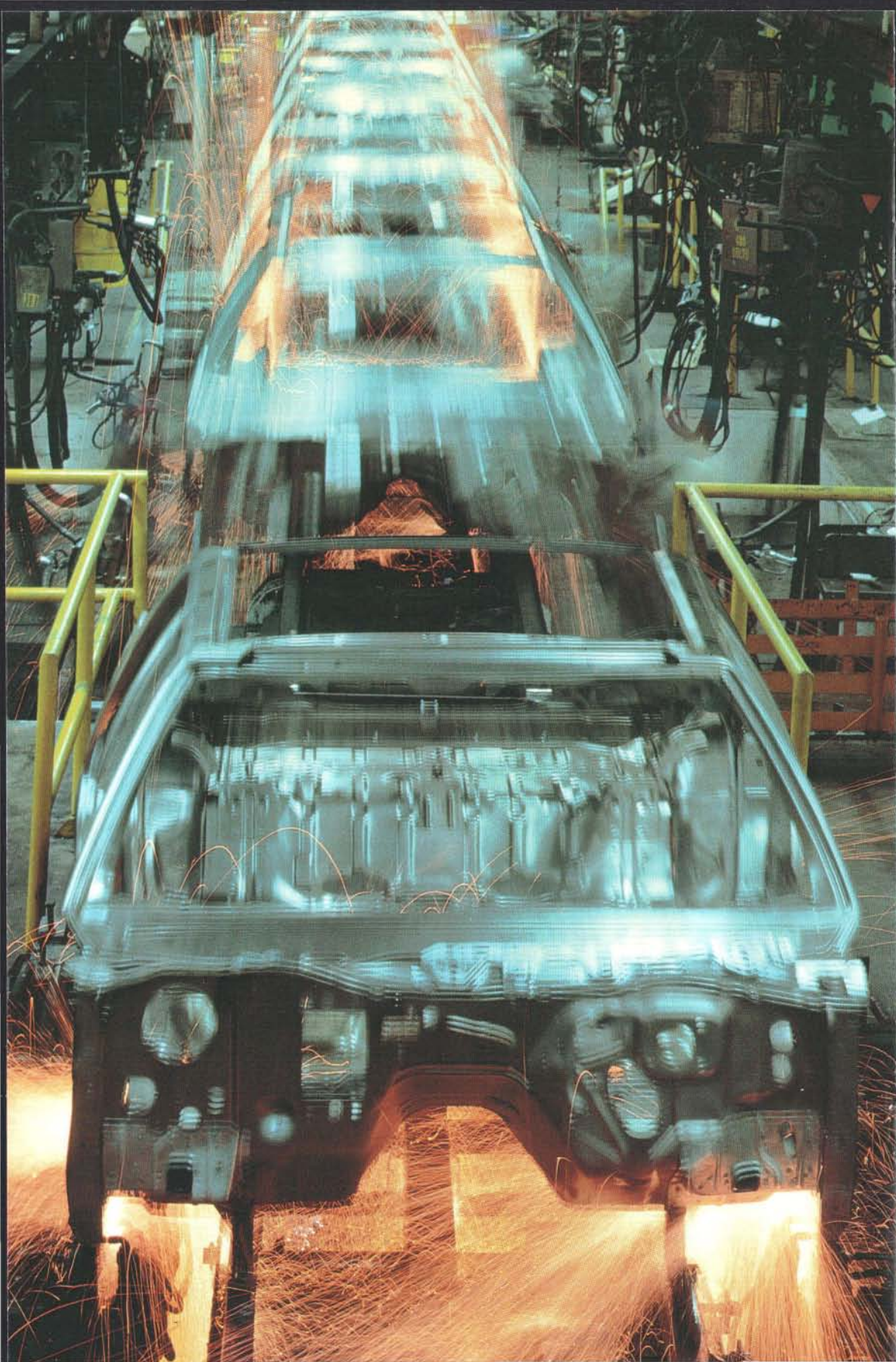
Daarvoor zal een milieu geschapen moeten worden waarin mensen en computers gemakkelijk met elkaar kunnen 'praten', waarbij een grote verscheidenheid van informatiemedia, zoals spraak, tekst en figuren gebruikt wordt, gesteund door kennis en gezond verstand.

Een nieuwe ontwerpfilosofie

De ontwerpgedachte achter de klassieke Von Neumann-machines (m.a.w. alle huidige op de markt zijnde computers) was gebaseerd op het gebruik van een minimum aan *hardware* die door geschikte *software* toch efficiënt kon werken. Hardware was toentertijd namelijk duur, groot, ging snel kapot en verslond energie. Vanuit dit gezichtspunt waren *sequentieel gestuurde* systemen met een opgeslagen programma superieur. Men streefde uit economische overwegingen naar hoge snelheden en grote capaciteiten, met als gevolg de opkomst van de huidige monstercomputers.

Ondertussen is de evolutie al zo ver gevorderd dat het nodig wordt om de klassieke ontwerpgedachte te heroverwegen. Immers: De snelheden naderen de grens die wordt gesteld door de voortplantingssnelheid van de signalen in het systeem; de opkomst van *VLSI* brengt de kosten voor hardware aanzienlijk omlaag; om het effect van de VLSI-massaproductie uit te buiten zal het nodig zijn naar *parallelle verwerking* te streven; de huidige computers zijn buitengewoon zwak in basisfuncties om spraak, tekst, grafieken, figuren en andere niet-numerieke gegevens te verwerken, evenals voor het verrichten van *kunstmatige intelligentie*-achtige functies als redeneren, associatie en leren.

Computers werden, zoals de naam al aangeeft, ontworpen als machines om numerieke berekeningen uit te voeren. Computertoepassingen hebben zich echter, zonder al te grote veranderingen in de ontwerpfilosofie, uitgebreid tot gebieden als controlesystemen, verwerking van grote hoeveelheden informatie, databanken en kunstmatige-intelligentiesystemen. De computers echter die op verschillende toepassingsniveaus in de jaren negentig gebruikt gaan worden, zullen geen machines zijn



die numerieke berekeningen uitvoeren maar de inhoud van informatie kunnen beoordelen en de op te lossen problemen moeten begrijpen. Voor deze evolutie zal op korte termijn het volgende nodig zijn:

- realisatie van basismechanismen voor redentie, associatie en leren in hardware (dus niet als programma), zodat deze de kern vormen van de Vijfde Generatie computers;
- voorbereiding van fundamentele software voor kunstmatige intelligentie om deze hardware volledig te benutten (ook nu al levert de ontwikkeling van software problemen op!);
- verwezenlijking van een basismechanisme voor het opzoeken in en het beheren van een kennisbestand in hardware en software;

– positief gebruik van patroonherkenning en resultaten van onderzoek naar kunstmatige intelligentie om mens-machinegrensvlakken te maken die natuurlijk voor de mens zijn;

– realisatie van hulpsystemen om de *software-crisis* op te lossen en de productie van software te verhogen.

Teneinde deze problemen van de huidige computertechnologieën op te lossen zullen verworvenheden in aanverwante technologieën zoals VLSI-technologie, software-engineering en onderzoek naar kunstmatige intelligentie geïntegreerd moeten worden. Tussentijdse resultaten van dit project moeten weer terugstromen naar deze technologieën, zodat de voortgang gegarandeerd is.



Links: De productie van auto's (primaire sector) verloopt al jaren deels geautomatiseerd. Bij het lassen wordt veel gebruik gemaakt van lasrobots die via een computerprogramma een gegeven aantal handelingen in een gegeven volgorde moeten uitvoeren. De computer is bezig zich in de secundaire sector een plaats te veroveren, terwijl voor de jaren negentig is voorzien dat de generatie computers van dan een rol in de dienstensector (tertiaire sector) zal spelen. De vraag dringt zich dan ook op in hoeverre de computer zich ook in het sociale leven zal manifesteren en dit zal beïnvloeden.



Linksboven: Met behulp van een simulator die ter plaatse is opgesteld in de kerncentrale bij Seabrook (New Hampshire) leert het personeel om te gaan met het uitgebreide bedieningsprogramma. Met de komst van de Vijfde Generatie zal men gemakkelijker met de machine kunnen communiceren, omdat de computer dan kan 'praten' en 'luisteren'.

Boven: Controle van componenten is nu nog mensenwerk, maar in de jaren negentig zal de computer deze controle ook overgenomen hebben.

Een aantal computertermen 'vertaald' of uitgelegd.

Algoritme

Reeks formele voorschriften die leiden tot de oplossing van een probleem.

Analoog

Manier om informatie te coderen in een continue grootte, die **alle** waarden (in tegenstelling tot digitaal) kan aannemen.

Byte

Eenheid van informatie, bestaande uit acht bits (een bit kan de waarde 'nul' of 'één' hebben). Een byte kan bijv. een letter, cijfer of leesteken vertegenwoordigen.

Databank

Wordt ook wel gegevensbestand genoemd. Het is een geordende verzameling gegevens, in een voor de *machine* leesbare vorm.

Debugging

Het opsporen en verhelpen van fouten in computerprogramma's

Deductief

Redenering vanuit het algemene naar het bijzondere.

Expert system

Computer programma dat beschikt over gestructureerde kennis op een bepaald terrein en dat daarover vragen kan beantwoorden of adviezen geven.

Hardware

De bestanddelen van een computer, die pas functioneel worden als ze bestuurd worden door programmatuur ('*software*').

Inductief

Redenering vanuit het bijzondere naar het algemene.

Input

Invoer van gegevens, of de ingevoerde gegevens zelf.

Kennis(informatie)-verwerkingssysteem

Systeem voor het verwerken van informatie die kennis vertegenwoordigt.

Kennisbestand

Geordende verzameling gegevens die kennis vertegenwoordigen.

Kunstmatige intelligentie

Onderdeel van de computerwetenschap, dat zich bezighoudt met het construeren van computersystemen die intelligent gedrag vertonen.

LIPS

Logical Inferences Per Second: logische redeneerstappen per seconde.

Machine

Vakterm voor computer. Als men 'machine' gebruikt denkt men niet zo zeer aan een werkend systeem als wel aan het apparaat dat de gewenste functies vervult, bijv. in 'mens-machine-grensvlak' en 'machine-leesbaar'.

Mens-machinegrensvlak

Grens- of koppelingsvlak van een computer met de mens.

Meta-redeneersysteem

Systeem dat redeneringen kan uitvoeren op een hoger abstractieniveau dan andere redeneringen.

Microcomputer

Kleine computer, het meest gebruikt in kleine bedrijven of voor niet al te zwaar wetenschappelijk rekenwerk.

Numerieke gegevens

Gegevens bestaande uit getallen, in tegenstelling tot *niet-numerieke*: niet bestaande uit getallen.

Alfanumeriek: bestaande uit getallen en lettertekens.

Output

De uitvoer van resultaten of de resultaten zelf.

Parallele ontwerpen

Systemen waarbij meerdere processors tegelijkertijd en onafhankelijk van elkaar, maar onder centrale besturing, gegevens kunnen verwerken. Deze computer-ontwerpen zijn sneller dan die waarbij één processor de bewerkingen achtereenvolgens uitvoert.

Processor

Verwerkingseenheid.

Relationeel gegevensbestand

Bestand waarin niet alleen gegevens sec, maar ook de verbanden ertussen zijn opgeslagen, zodat bijvoorbeeld ook 'associatief' naar bepaalde gegevens kan worden gezocht. Deze databases lijken meer op de menselijke manier van gegevensopslag.

Sequentieel gestuurd

Opdrachten die één voor één in een reeks (sequentie) afgewerkt worden.

Software

Programmatuur, die samen met de computer (de *hardware*) een werkend computersysteem vormt.

Software-crisis

Begrip dat wordt gebruikt om aan te duiden dat het produceren van

voldoende goede software steeds meer het knelpunt dreigt te worden in het ontwikkelen van nieuwe computer-systemen en -toepassingen.

Syllogistische redenering

Denkhandeling uit drie delen: twee veronderstellingen waaruit men een conclusie afleidt.

Syntaxis

Leer van het gebruik van rede- en zinsdelen, van woordvoering en zinsbouw.

Trial-and-error

Met vallen en opstaan.

VLSI-CAD

VLSI: Very Large Scale Integration; techniek waarbij honderduizenden elementen in één schakeling worden ondergebracht.

CAD: Computer Aided Design; ontwerpen met behulp van de computer.

Von Neumann-machine

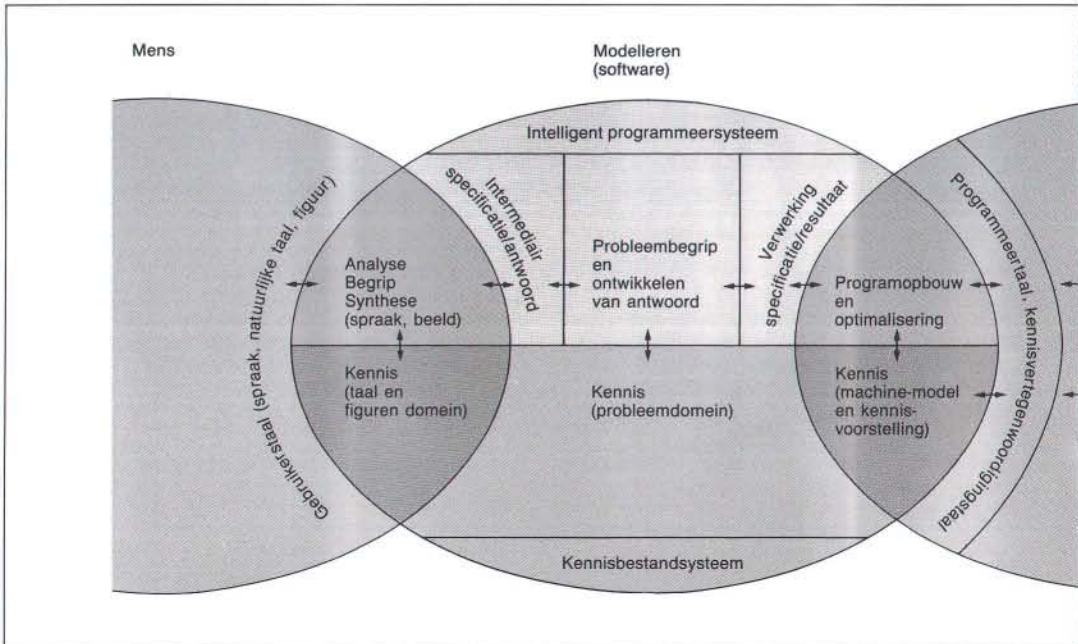
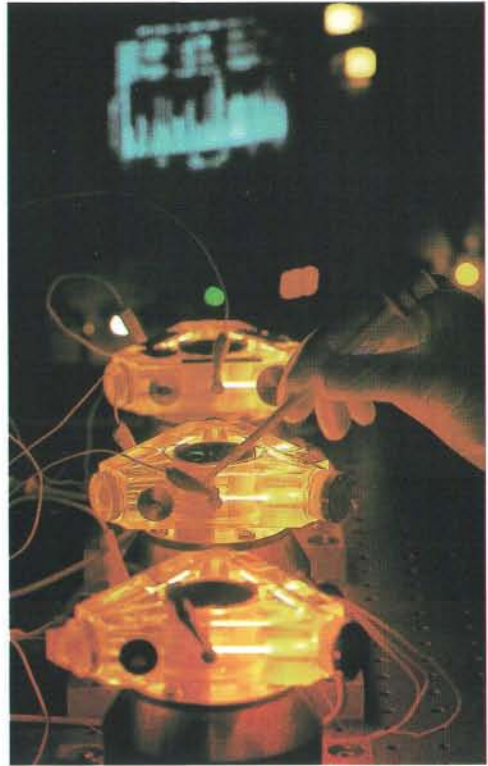
Computer die op het laagste niveau geen onderscheid maakt tussen gegevens en programma. Gegevens en instructies staan opgeslagen in het geheugen, en worden stukje voor stukje in de 'centrale verwerkingseenheid' (CPU) gehaald en verwerkt; de resultaten worden weer ergens opgeslagen. Systemen van deze aard worden in hun mogelijkheden begrensd door de 'Von Neumann-flessehals', het communicatiekanaal waar alle gegevens door heen moeten. Alle gangbare computers zijn gebaseerd op het Von Neumann-principe.

Onderzoeks- en ontwikkelingsdoelen

De kennisverwerkingssystemen welke voortkomen uit de Vijfde Generatie computers, zullen worden gebaseerd op vernieuwde theorieën en technologieën. Daarom zullen zij functies zoals een intelligente-conversatiefunctie en redeneerfuncties die kennisbestanden gebruiken, in zich kunnen herbergen.

De functies van de Vijfde Generatie computers zijn grofweg: probleemoplossing en logica ('redeneermachine'); beheer van *kennisbestanden* ('weetmachine'); vorming van een intelligent grensvlak ('tolk'). Deze functies zullen worden verwezenlijkt door aparte software- en hardwaresystemen te laten 'corresponderen'. Een ontwerpbeeld van dit systeem is te zien in fig. 1. Hierin is het modellersysteem (software) het uiteindelijke doel van het project voor software-ontwikkeling en de machine (hardware-systeem) het uiteindelijke doel van hardware-ontwikkeling.

Het grensvlak tussen software- en hardware-systemen zal de zgn. kerntaal zijn. De gehele software zal in deze kerntaal uitgevoerd worden en de hardware zal direct met deze taal werken.

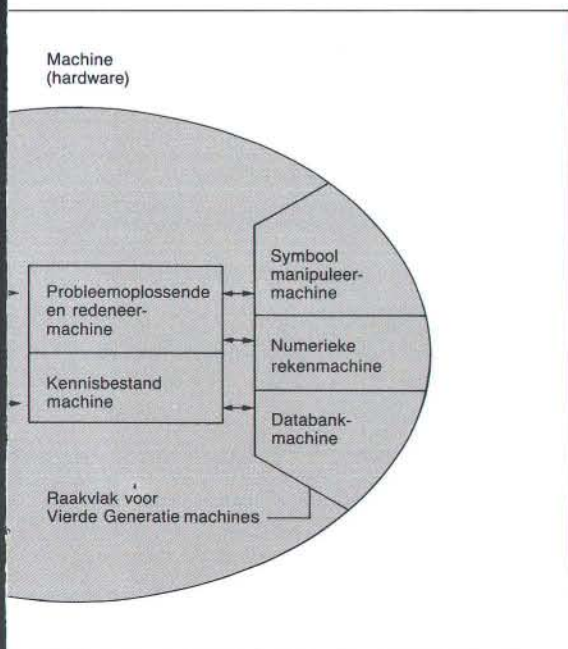




Geheel links: Dit ring-laser gyro-systeem wordt op het ogenblik getest voor gebruik in vliegtuigen. Door de gegevens vanuit dit systeem in de boordcomputer te stoppen, deze te laten verwerken en eventuele correcties door de computer zelf te laten uitvoeren, kan de piloot zijn aandacht meer op het vliegen zelf houden.

Links: Ontwikkeling van nieuwe IC's wordt gesteund door computers, zodat iedere nieuwe generatie IC's weer krachtiger computers mogelijk maakt die weer betere IC's leveren, enz.

Linksonder: Fig. 1. Dit diagram geeft een ontwerpbeeld van de Vijfde Generatie computer. De diverse functies van het systeem zouden verwezenlijkt moeten worden door de diverse systemen gemakkelijk met elkaar te laten corresponderen.

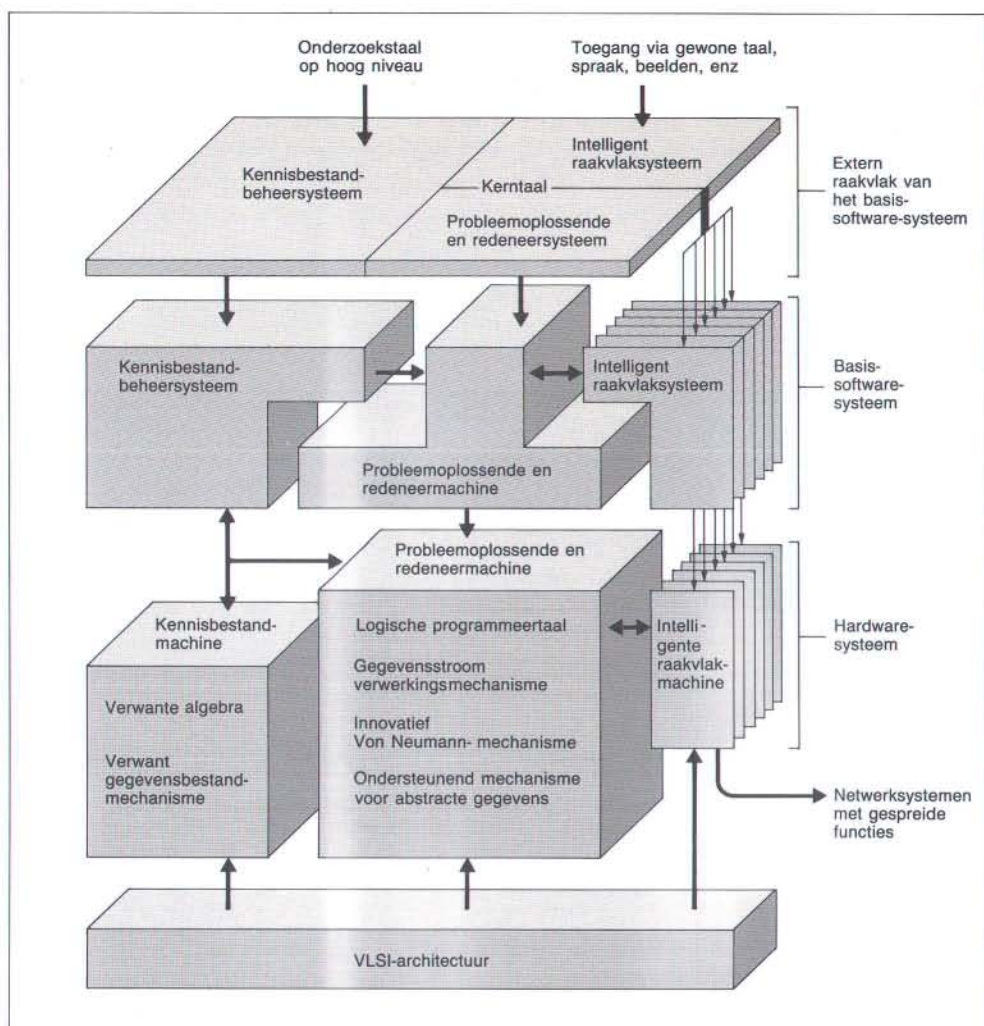


De redeneermachine

In het speurwerk naar en de ontwikkeling van de probleemoplossende en redeneermachine (eenvoudigweg de redeneermachine) zal het doel zijn een hardware-mechanisme te ontwerpen dat de basisfunctie 'redenatie' ondersteunt.

Dit hardware-mechanisme zal uiteindelijk samengevoegd worden met die welke het kennisbestand (het doel van het speur- en ontwikkelingswerk voor de kennisbestandmachine) en de intelligente grensvlakken ondersteunen (het doel van het speur- en ontwikkelingswerk voor grensvlakapparatuur van hoge kwaliteit). Dit alles moet een prototype Vijfde Generatie computer opleveren.

Het minimumvermogen van deze toekomst-machine zal 100 miljoen tot 1 miljard redenatiestappen per seconde (LIPS) zijn. Eén redenatie-operatie, uitgevoerd met een huidige computer, heeft 100 tot 1000 rekenstappen nodig; dus 1 LIPS komt overeen met 100 tot 1000



instructies per seconde. De huidige generatie computers heeft een snelheid van 10000 tot 100000 LIPS.

Om deze snelheden te halen zal het belangrijkste speur- en ontwikkelingswerk zich niet alleen concentreren op het verhogen van de snelheid van de fundamentele eenheden, maar ook op parallele ontwerpen op hoog niveau om de symboolverwerking te ondersteunen, die de sleutel voor het redeneren vormt. Een hardware-architectuur zal ontwikkeld worden die geschikt is voor de nieuwe parallele logica, gebaseerd op mechanismen die omgaan met abstracte gegevens en een mechanisme dat de

gegevens over de parallele verwerkingspaden verdeelt.

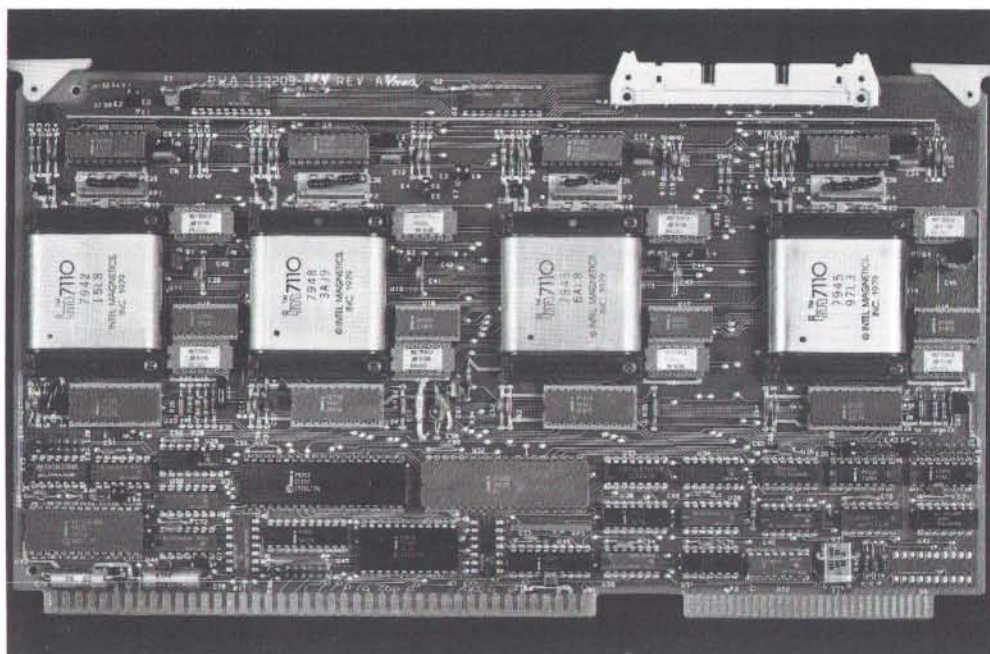
De ontwerpschaal voor de hardware omvat hoogstens 1000 verwerkingselementen en de benodigde VLSI-fabricagetechnologie voor zulke hardware zal onderzocht en ontwikkeld worden.

Het uiteindelijke doel van het speurwerk naar de redeneermachine is een samenwerkend probleemoplossend systeem. Hierin zal een probleem opgelost worden door twee of meer probleemoplossende systemen die met elkaar samenwerken. Deze zouden in principe op twee verschillende plaatsen kunnen staan.

Een probleemoplossend systeem (zie fig. 2) gebruikt grote kennisbestanden, waarin grote externe databanken als bibliotheken zullen fungeren. Met andere woorden, het kennisbestandbeheersysteem met redeneerfuncties (overeenkomend met de bibliotheekgebruiker) en de grote databanken (overeenkomend met de bibliotheek) zullen beide deel uitmaken van het probleemoplossende redeneersysteem en zullen samenwerken in het oplossen van pro-

blemen. Deze zouden dan binnen enkele ogenblikken opgelost zijn.

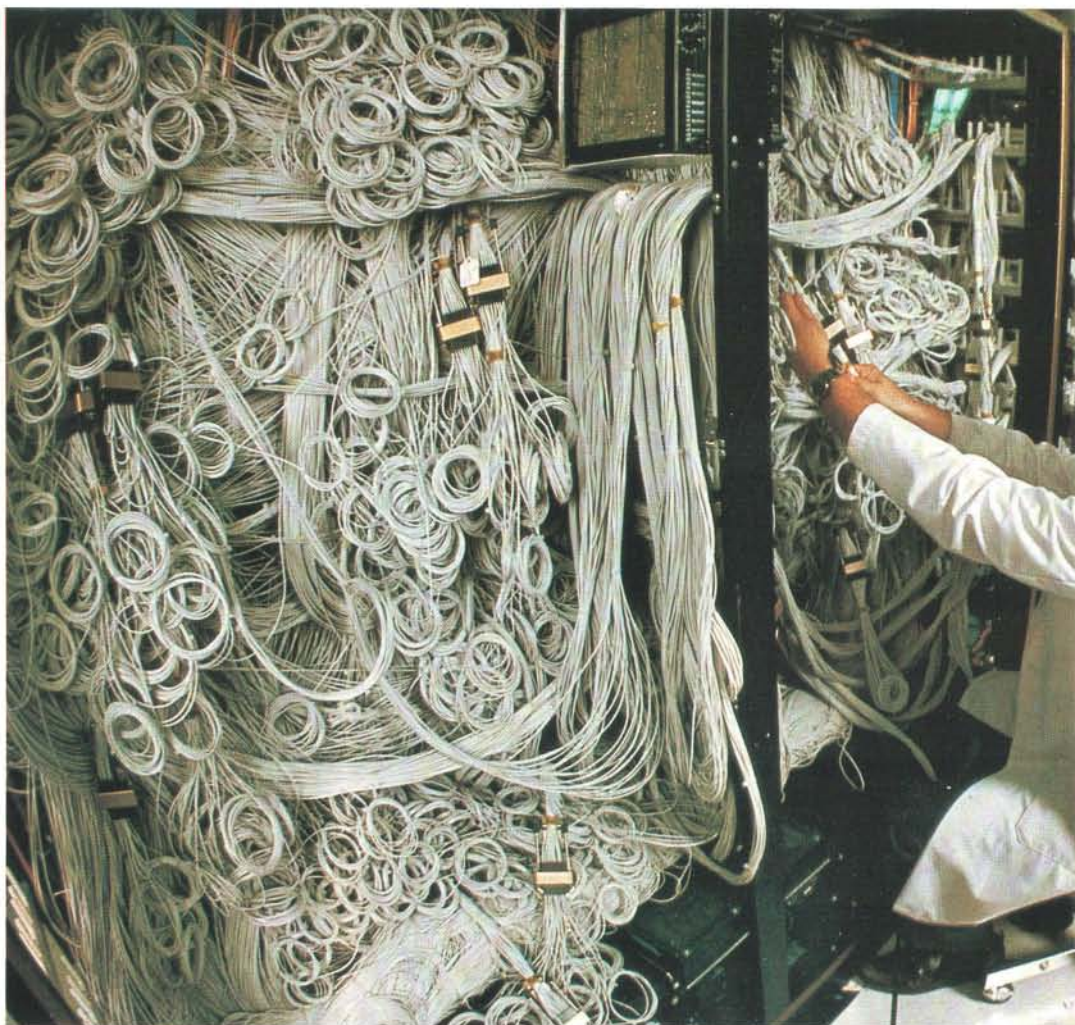
Een ander voorbeeld van een redeneermachine is een medisch diagnosesysteem dat op dezelfde manier een diagnose stelt als een internist en een chirurg die samenwerken om tot een diagnose te komen. Daarvoor zal een *meta*-redeneersysteem ontwikkeld moeten worden dat redeneringen uitvoert met behulp van de redeneerprocessen van aparte pro-



Linksboven: Fig. 2. De Vijfde Generatie computer is een weet- en redeneermachine én een tolk. Dit schema geeft een beeld van de basis-configuratie voor zo'n machine. De tolk-functie is vertegenwoordigd door de diverse 'grensvlakken'.

Boven: Dit geheugenbord met 'bubble'-geheugens heeft een opslagcapaciteit van 0,5 Mbyte. De vier modules op dit bord hebben een capaciteit van 1 Megabit. Vanwege het 'non-volatile' karakter van bubbles is dit bord een alternatief voor zgn. floppy-disks. (Non-volatile betekent dat de gegevens gewoon vastgehouden worden als de 'stekker uit het stopcontact wordt getrokken'.)

bleemoplossende systemen en de kennis die de aparte systemen hebben. Het meta-redeneersysteem moet niet alleen *deductieve functies* hebben maar ook functies van hoger niveau, zoals normale, *inductieve*, *analoge* en andere stilzwijgende redeneringen. Ook zal men werk moeten maken van mechanismen hiervoor. Deze functies zullen als software in de kerntaal verwezenlijkt worden. Net als het onderliggende deductieve proces, zal deze taal *sylogistisch* zijn en tot een logische programmeertaal behoren. Samen met de kerntaal zal men een aantal functies realiseren om *trial and error*-type programma's te beheersen.



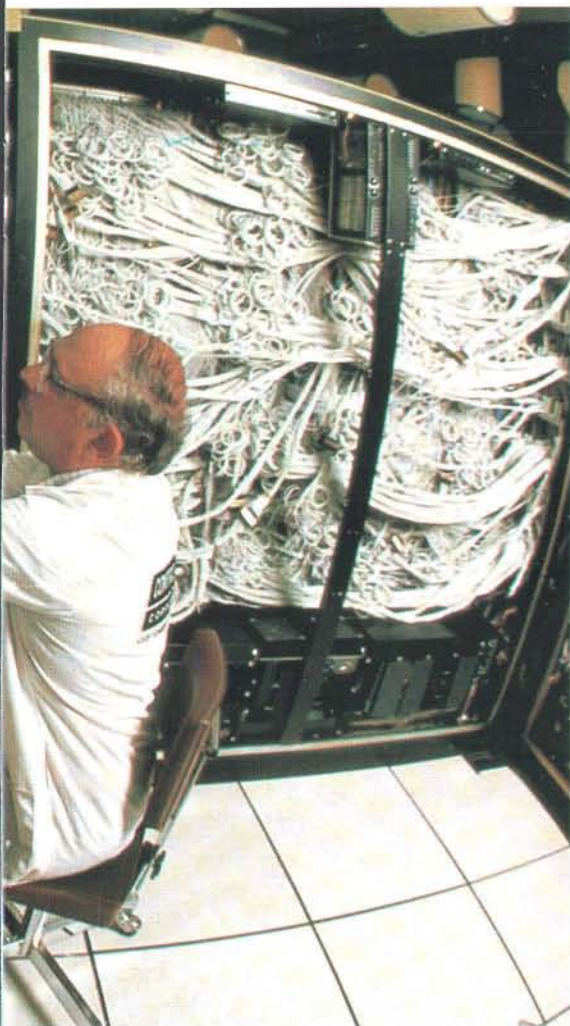
De weetmachine

De bedoeling van software voor het kennisbestandbeheer is een kennisverwerkingstechnologie tot stand te brengen waarvan de doelen zijn: ontwikkeling van systemen voor het opslaan en weergeven van kennis, ontwerp van kennisbestanden en onderhoudhulpsystemen, grote kennisbestandsystemen, experimentele systemen voor kennisvergarig en beheersystemen voor gedistribueerde kennis. Deze systemen zullen dan worden samengevoegd tot een samenwerkend probleemoplossend systeem. Een zeer belangrijk doel is semi-automatische

kennisvergarig; dit houdt in dat systemen uitgevoerd worden met een bepaalde hoeveelheid leerfuncties.

Voor het kennisbestandbeheer zullen er onderlinge grensvlakken voor de gegevensbestanden en testfuncties in de kerntaal verwezenlijkt moeten worden.

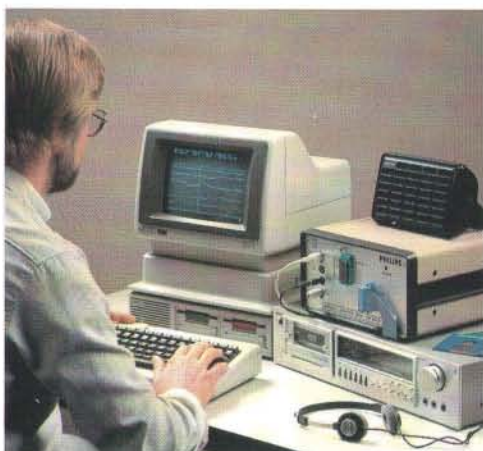
Speurwerk naar de weetmachine zal mikken op de ontwikkeling van een hardware-mechanisme dat gemakkelijk werkt met systemen die kennis moeten vertegenwoordigen en met grote kennisbestanden. De machine zal tevens in staat moeten zijn om opslag, terugvinden en vernieuwing van een grote hoeveelheid gege-



nieuwe kennisbestanden. Deze hardware zal gebaseerd zijn op een *relationele gegevensbestandmachine* met een hiërarchisch geheugensysteem van hoge kwaliteit en een mechanisme voor parallelle relationele en kennisoperaties. Er zal ook speur- en ontwikkelingswerk worden gewijd aan de VLSI-technieken die nodig zijn voor fabricage van siliciumschijven en verwerkingselementen voor omgaan met kennis.

Links: Dit is de bedrading van de grootste computer van dit moment. Miniaturisering kan een zegen zijn, maar...

Onder: Op het ogenblik is men druk bezig met de ontwikkeling van spraakherkenningsmachines en spraakgenerators. Deze systemen zullen wezenlijk deel uitmaken van het tolkgedeelte van de Vijfde Generatie zodat mens en machine met elkaar kunnen praten.



vens efficiënt te ondersteunen. Dit mechanisme zal in het prototype Vijfde Generatie computersysteem worden opgenomen.

Het speur- en ontwikkelingswerk voor de weetmachine die met kennisbestanden zal werken, mikt op een prestatievermogen van 100 tot 1000 Gigabyte, nodig om de gegevens te vinden om een vraag binnen enkele seconden te beantwoorden.

Om dergelijke vermogens te realiseren zal ook hier weer een parallelle architectuur onmisbaar zijn. Men zal dus onderzoek moeten uitvoeren dat gericht is op een hardware-architectuur voor het parallel verwerken van

De tolk

De intelligente grensvlakfunctie (de tolk) moet mens/machine-communicatie aankunnen in natuurlijke talen, spraak, grafieken en afbeeldingen zodat informatie op een menselijke manier uitgewisseld kan worden. Omdat verwerking van natuurlijke taal de basis vormt voor vertaling, zullen Engels, Japans en andere talen moeten begrepen worden. Het systeem zal uiteindelijk een basisvocabulaire hebben (technische termen uitgezonderd) van zo'n 10000 woorden en zo'n 2000 grammaticaregels, met een nauwkeurigheid van 99 procent

in de analyse van de syntaxis. Hoe minder grammaticaregels, des te hoger het prestatievermogen van het systeem.

Men zal voor het verwerken van spraak spraak-input en output-systemen ontwikkelen. Spraakinput zal bestaan uit onafgebroken spraak in de standaard-uitspraak door verschillende sprekers; doel hiervan zal zijn een vocabulaire van 50000 woorden, een herkenningsscore van 95 procent voor afzonderlijke woorden en een herkenning en verwerking die drie keer sneller is dan gewone spraak, hoewel dit enigszins kan variëren afhankelijk van de hardware-capaciteiten. Voor de verwerking van grafieken en afbeeldingen moet het te ontwikkelen systeem zo'n 10000 gedeelten van lijn- en beeldinformatie kunnen opslaan en gebruiken voor gegevensverwerking.

In de tussentijd zullen er ook speciale hardware-processors en hoog-vermogen grensvlak-apparatuur ontwikkeld worden om verwerking van spraak, grafieken en beelden efficiënt uit te voeren. Verder zullen er natuurlijk aan-doende methoden moeten worden ingevoerd om met mensen te 'praten'. Daarmee is men op dit moment al druk bezig; het blijkt dat het zeer lastig is om de menselijke stem na te boot-sen; vooral intonaties geven problemen.

Basisconfiguratie van Vijfde Generatie computers

De software- en hardware-systemen die de geschetste drie functies zullen uitvoeren, zullen aaneengekoppeld een machine voor velerlei doeleinden vormen. Omdat in de praktijk een aantal verschillende prestatiekenmerken voor elk van deze drie functies nodig is, zal het geheel flexibel genoeg moeten zijn om niet alleen als combinatie goed te werken, maar ook voor de afzonderlijke toepassingen. Hiervoor kan men machines gebruiken waarvan specifieke functies versterkt zijn. Deze machines zullen de kerntaal van de Vijfde Generatie computer als gemeenschappelijke taal hanteren en dus in een netwerk geschakeld kunnen worden om een verdeeld verwerkingssysteem te vormen.

Fundamentele toepassingssystemen in FGCS

Een aantal basis-toepassingssystemen zal ontwikkeld worden met de bedoeling het nut van de FGCS te demonstreren en het systeem te evalueren. Dit zullen machinevertaal-, advies-, intelligente programmeer- en intelligente VLSI-CAD-systemen zijn.

TABEL. Onderwerpen en doelen voor de toepassingssystemen.

Machinevertaalsystemen	<p>Vertalingen van allerlei talen. Vocabulaire: 100.000 woorden. Machinauwerkeurigheid van 90 procent, met de rest te verwerken door menselijke tussenkomst. Geïntegreerd systeem waarin computers aparte dingen zoals tekstredactie of drukken van vertalingen uitvoeren. Totale kosten minder dan 1/3 dan die door een mens.</p>
Adviesystemen	<p>Voorbeeldtoepassingen</p> <ul style="list-style-type: none"> - medische diagnose - begrip van gewone taal - mechanische apparatuur CAD - advies van computergebruiker - diagnose van computersystemen <p>Aantal objecten: meer dan 5000 Logicaregels: meer dan 10000 Halfautomatische kennisvergarig. Raakvlakken met systeem: gewone taal en spraak. Vocabulaire: meer dan 5000 woorden</p>

Rechts: Fig. 3. De Vijfde Generatie computer zal alleen gereali-seerd kunnen worden met zgn. adviesystemen. Dit zijn ook weer computers (CAD-machine) die via een aantal tussensyste-men vanuit de huidige technolo-gie ontwikkeld moeten worden. Dit levert een steeds krachtiger en sneller CAD-systeem op.

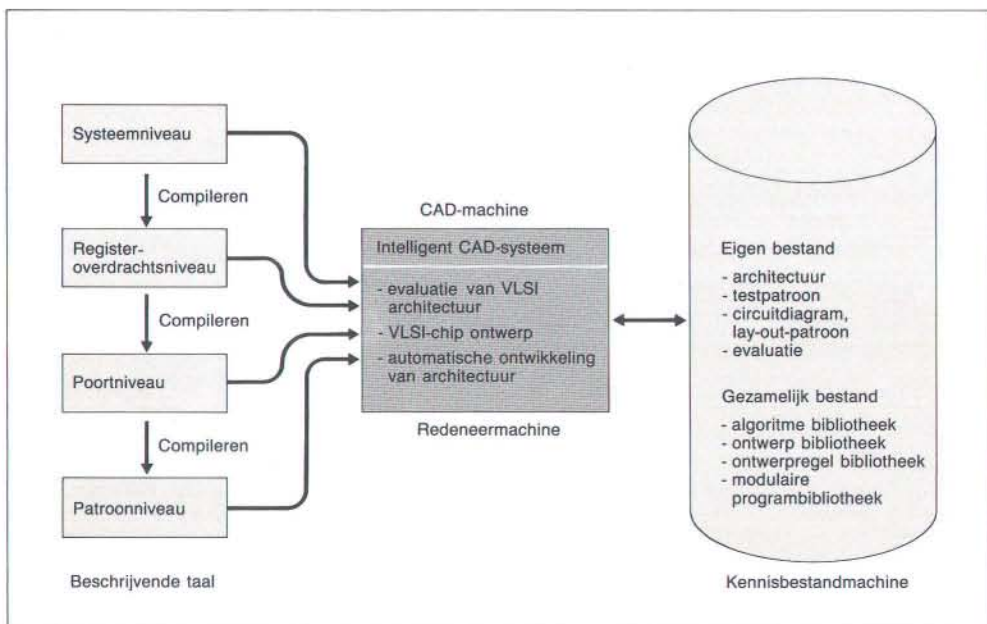
Machinevertaalsystemen en verscheidene adviessystemen zullen ontwikkeld worden als basis-toepassingsystemen en zullen in de jaren negentig het meest gebruikt worden. Hun prestatievermogen staat in de tabel linksonder.

Systeemprogrammeurs zullen programma's in de kerntaal zelf maken. Programmeurs van de *expert-systems* zullen gebruik maken van hogere talen, de zgn. kennisvertegenwoordigingstalen. Adviessystemen zullen met de gebruiker 'praten' in een ietwat beperkte natuurlijke taal, spraak, grafieken of afbeeldingen. Voorbeelden van toekomstige experimentele adviessystemen staan ook in fig. 3.

Het doel van intelligente programmeersystemen is de ontwikkeling van procedures voor geautomatiseerd schrijven van programma's (door middel van een kennisconstruerende benadering). Dit zal gebeuren in de kerntaal. Daarvoor is een nieuwe programmeerfilosofie nodig, evenals modulaire programmering. Specifieke doelen zijn zakelijk rekenen, programma's voor de besturing van robots en andere gebieden waar telkens weer nieuwe, maar wel soortgelijke, taken moeten worden volbracht. Voor de software die nodig zal zijn op deze gebieden zullen basis-modules worden ontwikkeld.

Andere doelen zijn beheer van *algoritme*-bestanden voor de modulen en ontwikkeling van samenstellende systemen van geïntegreerde moduulniveaus. Vooral ondersteuning van het ontwerpstadium, het stadium van opsporen en verhelpen van fouten (*debugging*) en het verbeteringsstadium, die deel uitmaken van het merendeel van de huidige software-ontwikkelingsinspanningen, zullen versterkt worden en men zal proberen de huidige software-productie met een factor 10 of meer te vergroten.

De bouw van deze machines zal met chips moeten gebeuren om geweldig grote machines te vermijden. Er zal dan ook gewerkt moeten worden aan de nodige VLSI-technologie met betrekking tot compactheid en kwaliteit. Verbeteringen en uitbreidingen aan de architectuur zullen direct moeten gebeuren. Ontwerpen en evaluatiegegevens voor de hardware bedoeld voor de weetmachine zullen verzameld moeten worden voor het ontwerp van toekomstige VLSI's. Een intelligent VLSI-CAD-systeem speelt daarom een belangrijke rol in zowel de speurvoorwaarden gedurende de ontwerpperiode als het later als typisch toepassingssysteem in de toekomstige Vijfde Generatie computersystemen.



Rechts: Een deel van een 32-bit processor. Dit gedeelte is het 'hart' van de computer, de plaats waar met de gegevens 'gerend' wordt.

Geheel rechts: Silicon Valley, eens landbouwgrond ten zuiden van San Francisco, nu de bakermat van de chip-technologie in de Verenigde Staten. Let op de overeenkomst met de foto hier-naast.



De hardware

Er bestaan diverse kandidaten voor de rol van de fundamentele elektronische componenten. Toch hebben wij gekozen voor silicium. Deze keus is gebaseerd op onderzoek in het verleden en de voorspelling van hoe de technologie er in de jaren negentig voorstaat, wanneer de Vijfde Generatie computer zal gaan draaien. Eenmaal de keus op silicium gevallen, wordt de manier om apparaten gebaseerd op silicium te bouwen, namelijk VLSI met meer dan een miljoen transistors, de sleutel tot het succes of falen van de Vijfde Generatie.

Er zijn twee belangrijke onderwerpen van onderzoek voor de productie van VLSI-chips. Eén daarvan is VLSI-algoritmen. Dit houdt de beslissing in welke functies in een VLSI-chip ondergebracht moeten worden. Het tweede probleem is hoe deze functies in VLSI-CAD-systemen te realiseren. We moeten dit systeem gemakkelijk te gebruiken maken (gebruikers-

vriendelijk) en het standaardiseren omdat het door veel onderzoekers, die betrokken zijn bij het project, gebruikt zal worden. Het lijkt erop dat er een aanzienlijke software-inspanning nodig zal zijn om deze systemen samen te voegen in één gestandaardiseerd systeem.

VLSI-CAD-systemen vergen veel rekenvermogen. Zelfs de snelste huidige computer zal vermogen te kort komen om zulke systemen te ondersteunen. Toch is er vanaf het begin van het project tenminste één VLSI-CAD-systeem nodig, dat moet kunnen draaien op een krachtige computer wanneer deze beschikbaar komt. Het behoeft geen betoog dat deze VLSI-CAD-systemen nodig zullen zijn om op de Vijfde Generatie computer te draaien wanneer deze over tien jaar beschikbaar komt. We moeten de hardware-randvoorwaarden voorbereiden hetgeen research noodzakelijk maakt naar zeer flexibele en evoluerende systeem-architectuur die zich kan aanpassen aan verandering in die randvoorwaarden.



CAD-systemen

Het zal duidelijk zijn dat we in de eerste fase van de bouw van VLSI-CAD-systemen ons alle moeite moeten getroosten voor de ontwikkeling van software die beantwoordt aan onderstaande eisen. De onderzoekinspanningen zullen natuurlijk gebaseerd moeten worden op de fundamentele research van VLSI-algoritmen.

- De CAD-systemen kunnen worden gebruikt om normale VLSI-chips met meer dan een miljoen transistors te ontwerpen. Ze moeten de specificatie kunnen beschrijven van elektronische circuits, logica, apparatuur, fabrieksprocessen, maskerontwerpprocessen, bedrading, timing en testprocedure. Ook moeten ze de simulatie van de circuits binnen redelijke tijd kunnen verwezenlijken. Bovendien moeten ze de lay-out patronen van het masker kunnen maken. Met maskers worden lagen in het silicium bepaalde eigenschappen gegeven.

- De CAD-systemen moeten de maskerpatronen kunnen controleren. Een goedgekeurd patroon moet in de maskermaker gevoerd worden zonder menselijke tussenkomst. Zodra een masker gemaakt is moeten er automatisch testpatronen ontstaan, die dan ook weer zonder menselijke tussenkomst in de VLSI-testapparatuur gevoerd worden.

- De CAD-systemen moeten voorzien in een uniform en gestandaardiseerd grensvlak dat gemakkelijk te gebruiken is. Dit houdt in dat iemand die in een of andere computerwetenschap is afgestudeerd, binnen een half jaar het gebruik ervan onder de knie moet hebben.

- De CAD-systemen moeten kunnen draaien op een computersysteem dat pas over 10 jaar beschikbaar is.

De huidige CAD-systemen in Japan en daarbuiten voldoen niet aan de genoemde eisen. Geen enkel commercieel CAD-systeem biedt de mogelijkheden voor omschrijvingen vanaf het architectuurniveau tot aan het masker-lay-out-

ontwikkelingsniveau. Er zijn maar een paar CAD-systemen die gemaakt zijn om te 'groeien'. Het speurwerk naar CAD-systemen die kunnen draaien op een kennisverwerkings-systeem is nog maar net begonnen. Er is nog geen enkel CAD-systeem, althans zo schijnt het, met sterke nadruk op gebruiksgemak en eenvoud van trainingsvereisten.

De ontwikkeling van intelligente CAD-systemen zou samen moeten lopen met de research naar de redeneermachine en weet-machine. Volledige research naar intelligente CAD-systemen gebeurt dan in een later stadium van het project. Basisresearch moet echter al vanaf het begin gebeuren. Een van de belangrijkste onderwerpen in deze research is de manier waarop de ontwerpregels en ontwerp-kennis in een intelligente databank worden verzameld en opgeslagen.

Ontwerpregels en algoritmen geschikt voor VLSI zullen ontstaan door basis-onderzoek naar het bouwen van intelligente CAD-systemen. We zullen een manier moeten vinden om deze regels en algoritmen in een kennisbestand op te slaan.

Men zal een systeem van ontwerpadviezen moeten ontwikkelen dat de opgedane kennis opslaat en met ontwerpers communiceert via vraag en antwoord. Het realiseren van een kennisbestand heeft hoge prioriteit in het begin van het onderzoek. De bouw van een kennisbestand voor het VLSI-CAD-systeem zal geschieden aan de hand van de eerste ervaringen die de methodologie helpen opbouwen. Het verzamelen en catalogiseren van allerlei ontwerp-kennis zal zo vroeg mogelijk moeten starten.

Deze ontwikkelingen moeten in het eerste gedeelte van het project afgerond worden en zullen later bij de onderzoeksactiviteiten betrokken moeten worden. Het intelligente VLSI-CAD-systeem dat het eigenlijke doel van het onderzoek is, zal er ongeveer uit zien als in fig. 3. Het bundelt een weetmachine en een redeneermachine te zamen. Het systeem zet de kennisbestandmachine in werking en slaat ontwerpregels, allerlei kennis en apparaat-informatie op in het kennisbestand. De redeneermachine vormt het hart van het intelligente CAD-systeem. Zodra gebruikers een kwalitatief goede beschrijving van de VLSI in dit systeem invoeren, zal dit automatisch maskers lay-outs maken.

Onder: Maskers zijn nodig om nieuwe chips te kunnen maken. Masker-ontwerp is zo ingewikkeld geworden dat alleen computers hierbij kunnen helpen. Deze computers zijn ook weer opgebouwd uit chips. Dus zal iedere nieuwe chip krachtiger en sneller moeten zijn dan de vorige, anders komt men er niet.

Rechts: Fig. 4. De ontwerpperiode voor de Vijfde Generatie computer is begroot op 10 jaar. Wil men dit inderdaad verwezenlijken zal nog heel wat moeten gebeuren en zal internationale samenwerking onontbeerlijk zijn.

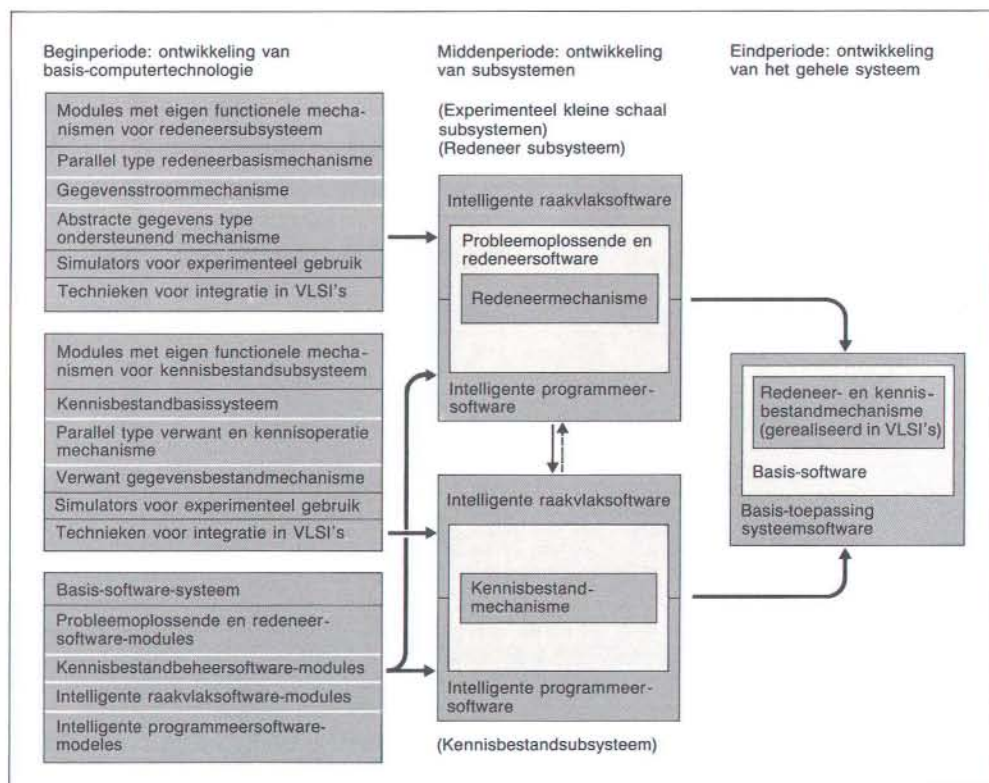


Conclusie

Het doel van het speur- en ontwikkelingswerk van de Vijfde Generatie computers zijn de essentiële functies van kennisverwerking zoals probleem-oplossende en redeneersystemen en kennisbestandsystemen (redeneer- en weetmachines), die niet in het kader van huidige computersystemen gerealiseerd kunnen worden.

Dit vernieuwende speur- en ontwikkelingswerk op grote schaal zal het eerste ter wereld zijn. Daarom zullen we via een lange weg van vallen en weer opstaan moeten trachten ons doel te bereiken, terwijl we ondertussen allerlei originele ideeën bedenken.

Omdat het invoeren van de basis-computer-technieken, die in de jaren negentig nodig zijn, van het grootste belang is, zullen plannen zo veel mogelijk van die technieken moeten omvatten. Met dit voor ogen is de ontwerpperiode voor de Vijfde Generatie computer 10 jaar,



ondverdeeld in een beginperiode van 3 jaar, een middenperiode van 4 jaar en een afsluitende van 3 jaar (zie fig. 4).

Als een R & D (research en development) project waarbij toptechnologieën uit diverse hoeken betrokken zijn en ook vanuit het oogpunt dat het een internationale bijdrage door Japan is, moet dit Vijfde Generatie Computer Project via een vorm van internationale samenwerking gesteund worden. De omvang van zo'n samenwerking kan variëren, maar, uitgaande van de ervaring die de afgelopen drie jaar met de basis-technologische ontwikkeling is opgedaan, is het R & D werk het meest gediend met een zeer nauwe verwevenheid van de diverse ontwikkelingsthema's. Een vorm van samenwerking die zich dus opdringt is dat geïnteresseerde regeringen of ondernemingen origineel speur- en ontwikkelingswerk voor eigen rekening bevorderen en van tijd tot tijd de resultaten uitwisselen om het algemeen belang van de betrokkenen te dienen.

Literatuur

- De informatiemaatschappij. De gevolgen van de micro-elektronische revolutie*, (1983). Centr. Uitgeverij en Adviesbureau B.V., Maastricht/Brussel. ISBN 90 70157 35 7.
- Moto-Oka, Tohru, (1983). *Overview to the Fifth Generation Computer System Project*. IEEE 1983 Conference Proceedings of the 10th Annual International Symposium on Computer Architecture. IEEE Computer Society, Silver Spring, MD, USA.
- Mason, R.E.A. (ed.), (1983). *Information Processing 83*. Proceedings of the IFIP 9th World Computer Congress. Elsevier Science Publishers B.V. (North Holland), Amsterdam-New York-Oxford.

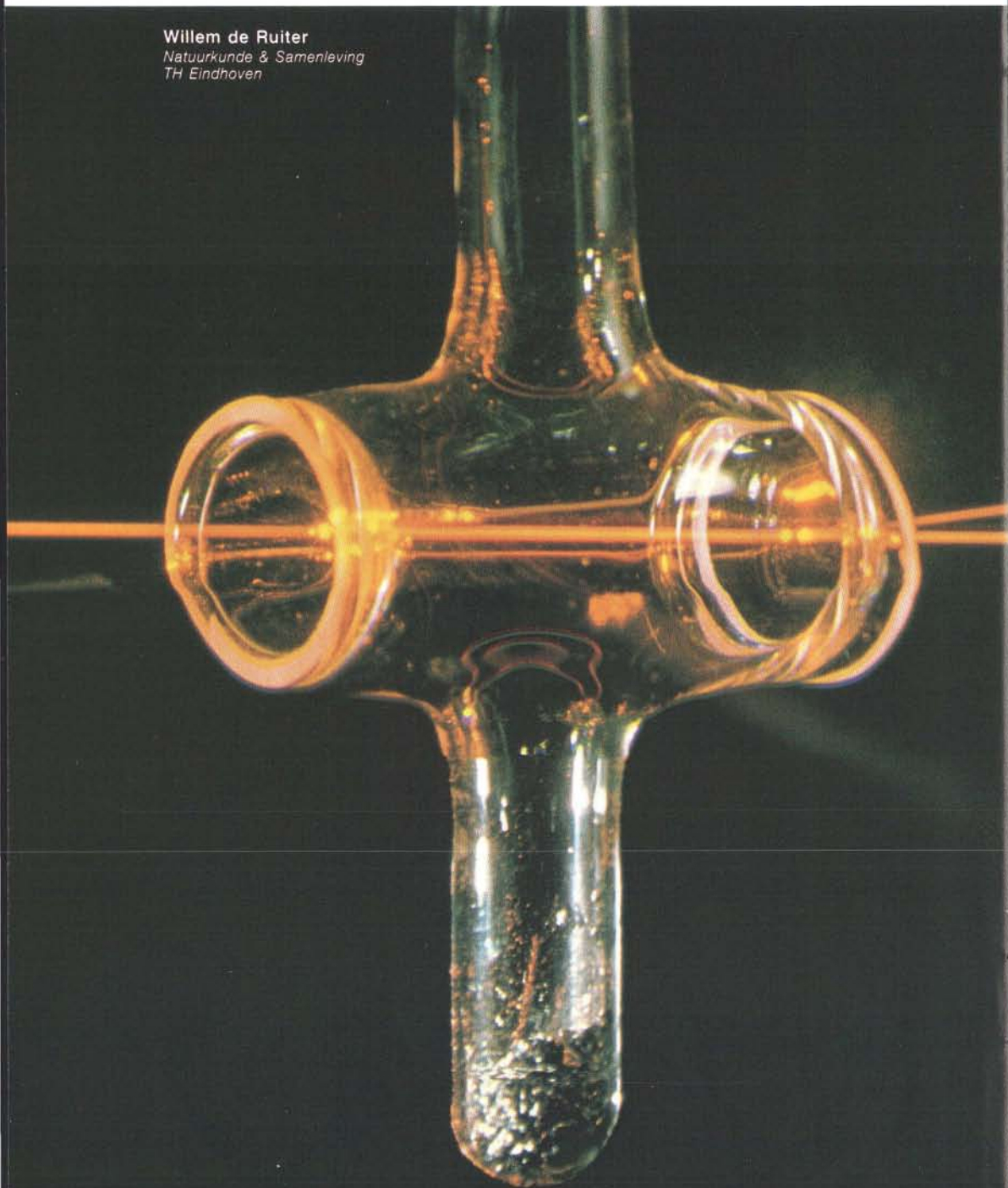
Bronvermelding illustraties

- Christopher Springmann, Black Star/Transworld Features Holland B.V., Haarlem: pag. 122-123.
- Xerox Corp., Stamford, USA: pag. 124, 140.
- Control Data, Minneapolis, USA: pag. 125, 134-135.
- Pictor International Ltd, Londen: pag. 126.
- The Singer Company, Stamford: pag. 127, 128-129 (ondergrond), 130.
- Philips Electronic Components and Materials Division, Eindhoven: pag. 131, 135 rechts.
- Intel Semiconductor B.V., Rotterdam: pag. 133.
- NCR Nederland B.V., Amsterdam: pag. 138.
- Dan McCoy, Black Star/Transworld Features Holland B.V., Haarlem: pag. 139.

Laserlicht wordt door moleculair jodium-127 (links) en jodium-129 (rechts) geabsorbeerd, waardoor de moleculen worden aangeslagen. Zo'n molecule zendt opnieuw fotonen uit. Dit is goed zichtbaar als fluorescentie in de glazen cellen. Bij laser-isotoopscheiding wordt gebruik gemaakt van de mogelijkheid slechts een isotoop selectief aan te slaan.

Willem de Ruiter


*Natuurkunde & Samenleving
TH Eindhoven*



ISOTOPENSCHIEDING MET LASERS

In het begin van de jaren zeventig werd de haalbaarheid van laser-isotoopscheiding aangetoond. Men slaagde erin o.a. stikstof-, chloor-, waterstofisotopen te scheiden. De belangrijkste toepassing van laser-isotoopscheiding is verrijking van uranium en plutonium. Verrijkt uranium wordt als brandstof voor kerncentrales gebruikt. Met verrijkt plutonium kan men betere en efficiëntere kernwapens ontwerpen. Het verrijkte uranium wordt op dit ogenblik nog voor 98 procent geproduceerd in gas-

diffusiefabrieken en voor 2 procent in gascentrifugefabrieken. Onderzoek naar laser-isotoopscheiding zal voor het eind van dit decennium leiden tot industriële produktie van verrijkt plutonium. In de toekomst zullen er daarom op de verrijkingmarkt aanzienlijke verschuivingen plaatsvinden door de ontwikkeling van de laser-isotoopscheiding. Deze techniek is betrekkelijk goedkoop op industriële schaal toe te passen. Dit biedt mogelijkheden voor kleine, armere landen.



**Splijtstofverrijking
voor arme landen**

EURO
ARTIKEL

Het verrijken van uranium of plutonium houdt in dat men het percentage van splijtbaar uranium- of plutoniumisotoop verhoogt. Omdat isotopen chemisch identiek zijn moet men gebruik maken van fysische scheidingsmethoden. Vrij snel na de ontwikkeling van de laser werden de wetenschappelijke basisconcepten bedacht van de laser-isotoopscheiding (LIS) of laserverrijking (zie tabel 1). Met de komst van de afstembare kleurstoflaser in 1966 namen de perspectieven van LIS enorm toe. De afstembare laser beschikt over een aantal eigenschappen die essentieel zijn voor LIS. In de eerste plaats levert de laser een bundel met een zeer hoge intensiteit; dit betekent dat er per seconde een groot aantal fotonen wordt geproduceerd. Vervolgens bezitten deze fotonen een nauwkeurig bepaalde frequentie of anders gezegd het laserlicht heeft een kleine bandbreedte. En tenslotte is het mogelijk deze scherp bepaalde frequentie te regelen van ultraviolet tot aan het infrarood (van $0,2 \mu\text{m}$ tot $20 \mu\text{m}$).

Een atoom bestaat uit een kern en een aantal elektronen. Deze elektronen kunnen zich in verschillende toestanden bevinden. Het is mogelijk een elektron met behulp van een energiekwant (foton) in een hogere elektrontoestand te brengen. Dit wordt het aanslaan van een atoom genoemd. Wanneer hiervoor röntgenfotonen worden gebruikt dan worden elektronen uit de binnenste schillen aangeslagen. Met ultraviolet licht of zichtbaar licht kan men de buitenste elektronen aanslaan. Als het elektron steeds meer energie opneemt, zal het tenslotte worden 'losgeslagen' van het atoom en is er sprake van ionisatie (zie tabel 2). De ionisatie-energie ligt in de orde van elektronvolts ($1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19}\text{J}$).

Een molecule kan behalve in elektrontoestanden ook in bepaalde vibratie- en rotatietoestanden verkeren. Dit betekent dat de atomen van een molecule vibraties en rotaties kunnen uitvoeren die evenals de elektrontoestanden gekwantiseerd zijn (bepaalde waarden hebben). Het energieverschil tussen de vibratietoestanden is echter veel kleiner dan het energieverschil tussen elektron-toestanden, namelijk zo'n 10^{-2}eV . Dit betekent dat met behulp van infrarood licht de vibratietoestanden kunnen worden aangeslagen. Als een molecule een hele reeks infrarood fotonen absorbeert dan zal de vibratie in de molecule zo hevig worden, dat zij uiteenvalt (dissocieert).

Laser-isotoopscheiding komt tot stand door een interactie van het laserlicht met de atomaire damp of met moleculen in de gasfase. Er wordt derhalve een onderscheid gemaakt tussen Atomaire Damp Laser Isotoop Scheiding (ADLIS) en Moleculaire Laser Isotoop Scheiding (MLIS). In het eerste geval worden de atomen door het laserlicht geïoniseerd, waarna de scheiding kan plaatsvinden. In het tweede geval worden de moleculen die het gewenste isotoop bevatten door het laserlicht gedissocieerd.

Isotopen van uranium en plutonium

Natuurlijk uranium bevat slechts 0,72 procent splijtbaar ^{235}U . Dit percentage is te laag om in een licht-water-reactor een kettingreactie op gang te brengen. Zo'n 80 procent van alle kernenergie wordt opgewekt in dit type centrale. Deze centrales moeten worden gevoed met uranium dat tot ongeveer 3 procent is verrijkt. Boven de 90 procent ^{235}U spreekt men van wapenkwaliteit uranium.

TABEL 2. Atomaire en moleculaire reacties op elektromagnetische straling.

Soort straling	Energie (J)	Toestand	Atoom/ molecuul	Effect
Röntgen	$1,6 \times 10^{-15} - 6,4 \times 10^{-17}$	Binnenste elektronen	U, Pu	—
Ultraviolet en zichtbaar licht	$6,4 \times 10^{-17} - 2,4 \times 10^{-19}$	Buitenste elektronen	U, Pu	Ionisatie
Infrarood	$2,4 \times 10^{-19} - 2,4 \times 10^{-22}$	Moleculaire vibraties	UF_6 , PuF_6	Dissociatie
Microgolven	$2,4 \times 10^{-22} - 8 \times 10^{-25}$	Moleculaire rotaties	UF_6 , PuF_6	—

TABEL 1. De ontwikkeling in de laser-isotoopscheiding.

Jaar	Ontwikkeling
1960	Uitvinding van de laser.
1965	Wetenschappelijke concepten van LIS.
1966	Afstembare kleurstoflaser.
1972	Wetenschappelijke haalbaarheid van LIS.
1974	Selectie van verschillende wetenschappelijke methoden van LIS; economische analyses.
1976	Productie van ongeveer 0,1 gram 3 procent verrijkt uranium.
1982	Beslissing van het Amerikaanse Ministerie van Energie om de atomaire damp LIS verder te ontwikkelen.
1984	Intensieve engineering voor de U en Pu LIS; wetenschappelijke evaluatie industriële fotochemie; wetenschappelijke concepten voor biologische toepassingen.
1987	Militaire LIS van plutonium.
1992	Industriële LIS van uranium.
2000	Industriële fotochemie en fotobiochemie.

Het plutonium dat in een kerncentrale wordt geproduceerd, bevat naast de gewenste isotoop ^{239}Pu ook ongewenste isotopen, zoals ^{240}Pu en ^{241}Pu (zie tabel 3). Reactorkwaliteit plutonium is minder geschikt voor het vervaardigen van kernwapens. Tot nu toe werd plutonium van wapenkwaliteit geproduceerd door de splijtstofstaven slechts kort in de reactor te laten zitten.

TABEL 3. Isotopensamenstelling van reactorkwaliteit plutonium.

Isotoop	Halfwaardetijd (jaar)	Percentage
^{238}Pu	86,4	0,8
^{239}Pu	24390	53,8
^{240}Pu	6580	23,0
^{241}Pu	13,2	11,4
^{242}Pu	379000	3,3
^{243}Pu	4,98	7,7

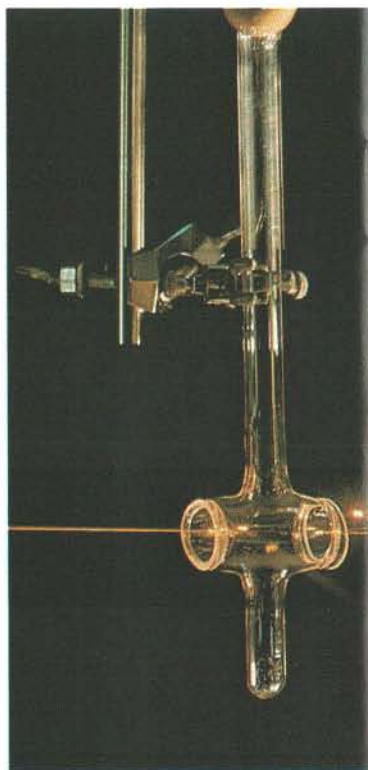
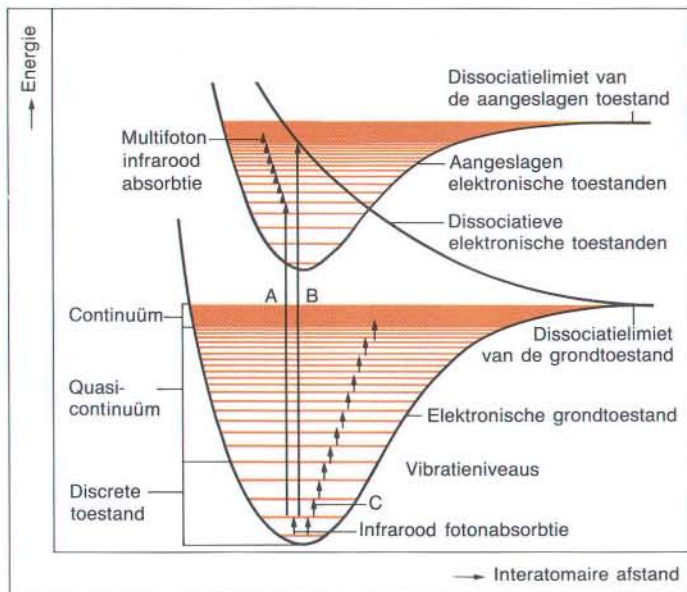
Moleculaire laser-isotoopscheiding

De molecule die gebruikt wordt bij de moleculaire methode is uraniumhexafluoride (UF_6). Uraniumhexafluoride is gasvormig en wordt ook gebruikt bij de gasdiffusie- en ultracentrifugemethode. UF_6 is een zeer corrosief gas, maar omdat de eigenschappen van dit gas goed bekend zijn, levert het werken ermee geen speciale moeilijkheden op.

Door de geringe verschillen in massa, volume en kernspin zijn er kleine verschillen tussen de moleculaire spectra van $^{235}\text{UF}_6$ en $^{238}\text{UF}_6$. Het moleculaire spectrum van UF_6 wordt behalve door de elektrontoestanden ook bepaald door de vibratietoestanden van de molecule (zie fig. 1). Met behulp van laserlicht wordt de elektron- en/of de vibratietoestand van $^{235}\text{UF}_6$ selectief aangeslagen en tenslotte wordt de molecule gedissocieerd. Deze dissociatie kan op verschillende manieren plaatsvinden. De $^{235}\text{UF}_6$ -molecule kan een infrarood foton absorberen, waarna de dissociatie wordt voltrok-

Onder: Fig. 1. Het niveauschema van uraniumhexafluoride. Elke elektrontoestand bevat zeer vele vibratieniveaus. De dissociatie kan worden bewerkstelligd door de absorptie van een infrarood foton gevolgd door de absorptie

van een zichtbaar licht foton en een aantal infrarood fotonen (A) of door de absorptie van een ultraviolet foton (B). De moleculen kan ook worden gedissocieerd door de absorptie van vele infraroodfotonen (C).

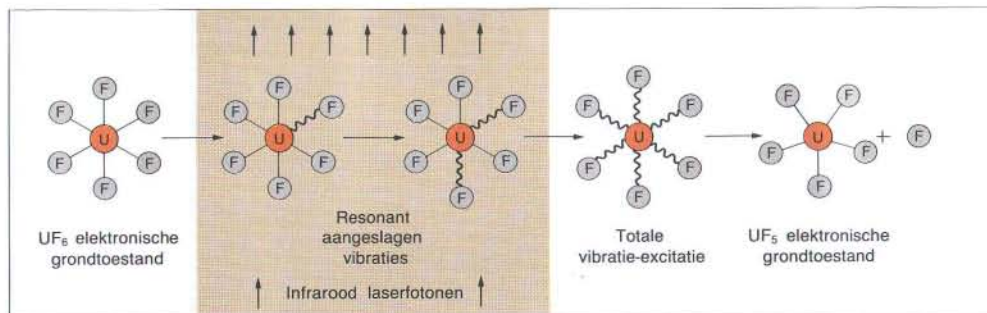


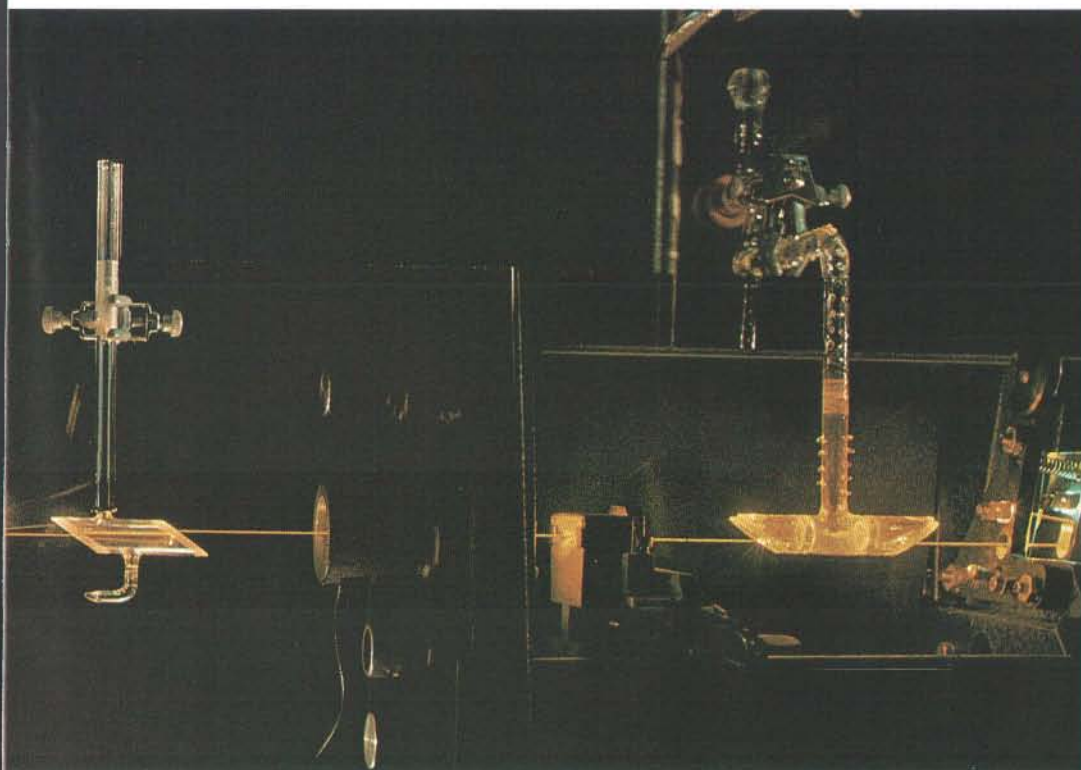
ken door de absorptie van een ultraviolet foton of van een zichtbaar licht foton gevolgd door de absorptie van een aantal infrarood fotonen.

In 1974 werd een totaal andere manier ontdekt om moleculen te dissociëren: het multifoton absorptieproces. Deze ontdekking werd het eerst gerapporteerd door V.S. Letokhov van het Instituut voor Spectroscopie in Mos-

Rechtsboven: Selectieve laser-excitatie van moleculair jodium-129. De rechter glazen cel bevat jodium-127 en absorbeert het laserlicht, wat te zien is aan de oranje fluorescentie. De middelste cel bevat jodium-129 en absorbeert eveneens laserlicht. De linker cel met jodium-127 absorbeert het laserlicht niet.

Onder: Fig. 2. De dissociatie van uraniumhexafluoride onder invloed van infrarood fotonen.





kou. Hij ontdekte dat $^{32}\text{SF}_6$ onder intense infrarood straling in zeer korte tijd (10^{-7} à 10^{-9} s) dissocieert door het absorberen van vele infrarood fotonen (zie fig. 2). Dit verschijnsel werd bij tientallen andere stoffen ook waargenomen. Het multifoton absorptieproces is mogelijk door het enorme aantal vibratieniveaus. Er bestaan ongeveer een miljard van dergelijke niveaus per eV. Dit betekent dat er in het niveauschema van UF_6 drie verschillende gebieden zijn te onderscheiden: het gebied van de *discrete* toestanden. Hier moet de fotonenergie precies overeenkomen met de afstand tussen de vibratielijnen; het *quasi-continuüm*. In dit gebied is er altijd wel een niveau te vinden, zodat het foton 'past'; het *continuüm*. Om in dit gebied terecht te komen is elke fotonenergie geschikt. Het multifoton absorptieproces treedt alleen op bij grotere moleculen, zoals UF_6 , en niet bij twee- of drieatomige moleculen. De dissociatie-energie van UF_6 is 3 eV ($\approx 5 \cdot 10^{-19} \text{ J}$). De infrarood fotonen worden geleverd door een 16 μm

CF_4 -laser. Elk infrarood foton heeft een energie van $8 \cdot 10^{-2}$ eV, zodat er ongeveer 40 fotonen moeten worden geabsorbeerd.

Een belangrijk probleem van de MLIS-methode is dat bij kamertemperatuur de meeste moleculen zich niet in de laagste vibratietoestand bevinden. Dit is het gevolg van botsingen tussen de moleculen van het gas. Hierdoor is het bijzonder moeilijk een bepaalde overgang te vinden die zorgt voor een grote selectiviteit. Dit probleem kan alleen worden opgelost wanneer het UF_6 -gas sterk wordt gekoeld, hetgeen echter een zeer lage dampdruk van het UF_6 -gas tot gevolg heeft. Men kan echter een mengsel van een edelgas en UF_6 een adiabatische expansie laten ondergaan, waardoor het UF_6 kan worden onderkoeld tot zo'n 50 K (zie fig. 3). Bij deze temperatuur bevindt zo'n 95 procent van de UF_6 -moleculen zich in de laagste vibratietoestand. Na adiabatische expansie treden er snelheden op van $500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

De dichtheid van het UF_6 -gas is 10^{22} mole-

Scheidingsarbeid en verrijkingscapaciteit

Bij een verrijkingsfabriek zijn er drie massastromen: de voeding (V), het produkt (P) en het afval (A) (zie fig. I-1). Deze massastromen bevatten respectievelijk de percentages N_V , N_P en N_A aan ^{235}U . De totale massa van het uranium verandert niet. Er geldt dus:

$$V = P + A$$

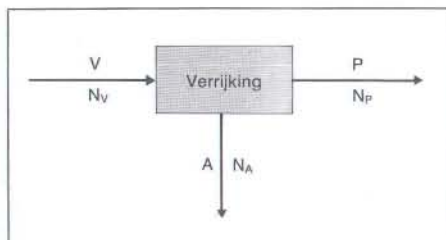


Fig I-1. De massastromen in een verrijkingsfabriek (uitleg zie tekst).

Zo'n behoudswet geldt ook voor het ^{235}U :

$$V \cdot N_V = P \cdot N_P + A \cdot N_A$$

De scheidingsfactor van de fabriek wordt gegeven door:

$$\alpha = \frac{N_P}{N_V}$$

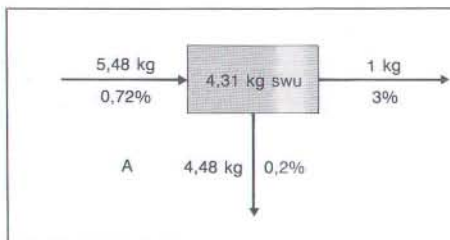


Fig I-2. De scheidingsarbeid voor 3 procent en 90 procent uranium.

culen per m^3 . Bij een breedte van de straalpijp van 100 cm en een hoogte van 1 cm kunnen er per seconde $3,5 \cdot 10^{20}$ $^{235}\text{UF}_6$ -moleculen worden gedissocieerd. Dit komt overeen met een massastroom van 4 ton ^{235}U per jaar ofwel van 600 ton natuurlijk uranium per jaar. De scheidingsarbeid van deze moleculaire scheidingseenheid is onbekend. Er is in de literatuur een waarde genoemd van 0,5 kg separatieve work units (swu) per kg natuurlijk uranium (zie het intermezzo). Dus de hier beschreven produktie-eenheid komt overeen met een verrijkingscapaciteit van 300000 swu per jaar.

Hoewel moleculaire laser-isotoopscheiding in beginsel zeer veelbelovend is, bestaat er een aantal problemen op het gebied van de laserontwikkeling, die een commerciële toepassing in de weg staat. Het is tot nu toe moeilijk ge-

bleken om een afstembare laser te ontwikkelen voor het midden- en ver-infrarood met een voldoende smalle bandbreedte. Bij een stroomsnelheid van $500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ en een diameter van de laserbundel van 2 cm is een puls-herhalingsfrequentie van 25 kHz nodig om al het UF_6 -gas te bestralen. Men is er nog niet in geslaagd infrarood lasers te bouwen die jaren achtereenvolgende deze hoge puls-frequentie halen. Tenslotte moeten deze lasers een vermogen leveren van minimaal enkele honderden watt.

Een ander bezwaar van de moleculaire methode is dat deze minder geschikt is voor de verrijking van plutonium. Het gasvormige plutoniumhexafluoride (PuF_6) is veel minder stabiel dan UF_6 . Het ontleedt bij aanraking met verschillende oppervlakken en ook onder invloed van de straling van het plutonium zelf.

Rechts: Fig. 3. Een schematische voorstelling van een produktie-eenheid voor moleculaire laser- en ultraviolet-verrijking. Het UF_6 wordt met een drijfgas door een straalpijp geëxpandeerd. Het onderkoelde UF_6 -gas wordt gedissocieerd

met een krachtige infrarood laser en ultraviolet laser. Het vaste UF_5 wordt uit de gasstroom gefilterd en geëxpandeerd tot UF_6 . Het overblijvende gas wordt schoongemaakt voor een eventuele volgende stap.

De capaciteit van een verrijkingsfabriek wordt uitgedrukt in separative work units per jaar oftewel in swu/jaar (spreek uit: swoe per jaar). De totale scheidingsarbeid van een fabriek is:

$$\Delta U = P.V(N_P) + A.V(N_A) - V.V(N_V)$$

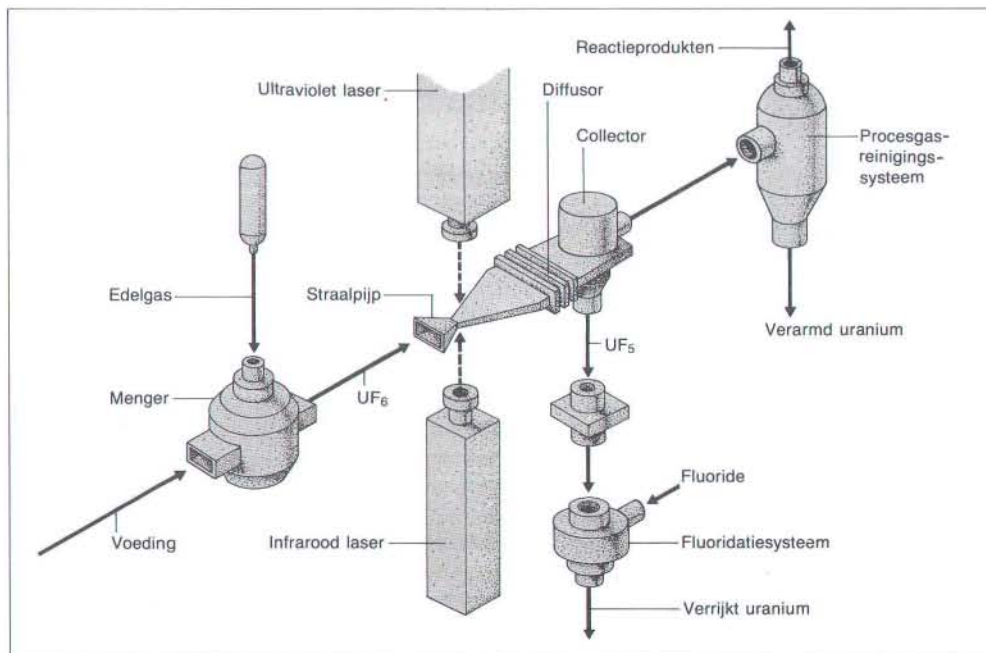
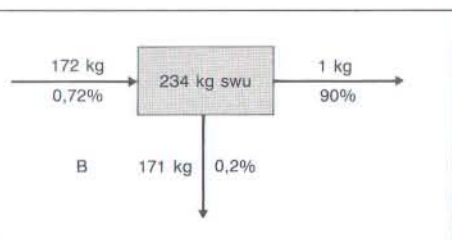
waarbij V een potentiaalfunctie is die de waarde aangeeft van een bepaald mengsel. Deze functie

werd voor het eerst afgeleid door P.A.M. Dirac en heeft de volgende vorm:

$$V(N) = (2N - 1) \ln \frac{N}{1 - N}$$

Met behulp van de hier gegeven uitdrukkingen is het mogelijk uit te rekenen hoeveel scheidingsarbeid er nodig is om 1 kg produkt met respectievelijk 3 procent ^{235}U (reactorkwaliteit) of 90 procent ^{235}U (wapenkwaliteit) te maken. Het percentage ^{235}U van de voeding is 0,72 procent. Voor het afvalpercentage wordt meestal 0,2 procent gekozen. De resultaten van deze berekeningen zijn samengevat in fig. 1-2. Hieruit blijkt dat de specifieke scheidingsarbeid per kilo 3 procent uranium 4,31 kg swu is en per kilo 90 procent uranium 234 kg swu.

Op dit moment is de totale verrijkingscapaciteit ongeveer 40 miljoen kg swu (40 Mswu). Om een kerncentrale van 1000 MW(e) een jaar te laten draaien is 100 000 swu nodig. Het totale nucleaire vermogen op de gehele wereld is 150 GW(e). Er is derhalve een vraag naar een verrijkingscapaciteit van 15 Mswu.

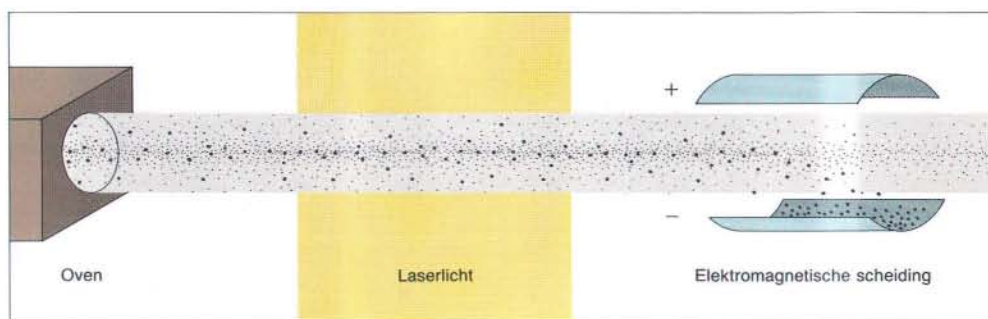


Atomaire damp laser-isotoopscheiding

Het basisprincipe van de atomaire damp LIS is bijzonder simpel. Men zorgt enerzijds voor een continue produktie van atomaire damp en anderzijds voor een lasersysteem dat in korte pulsen veel fotonen met de juiste energie produceert. Door de interactie van de laserfotonen met de uraniumdamp worden de ^{235}U -atomen selectief geïoniseerd. Daarna worden deze geladen ^{235}U -atomen elektromagnetisch uit de damp verwijderd (zie fig. 4).

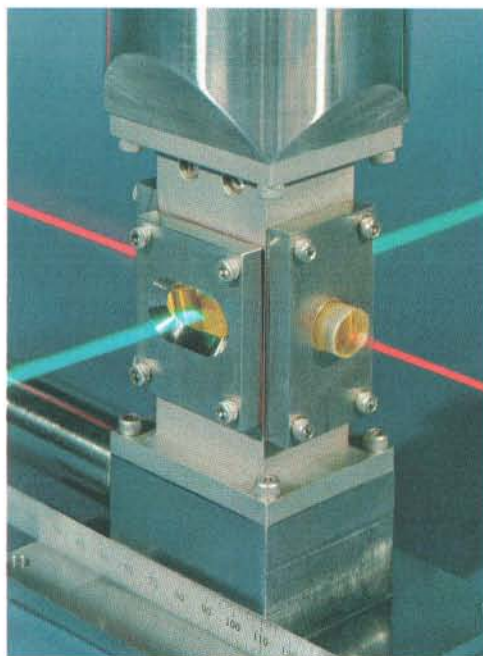
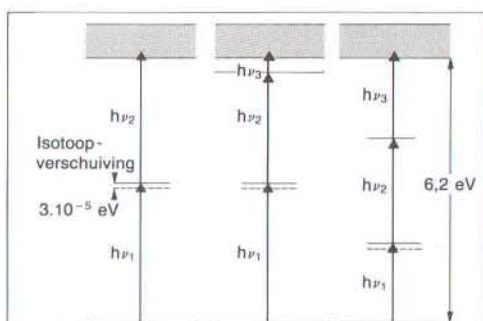
Uranium bezit een bijzonder gecompliceerd

spectrum met meer dan 900 niveaus, waartussen 9000 overgangen zijn waargenomen. Dit betekent dat er waarschijnlijk totaal zo'n 300 000 spectraallijnen zijn. Tussen de spectra van ^{235}U en ^{238}U bestaan kleine verschuivingen in de orde van 8 GHz. Deze frequentieverhuizing komt overeen met een energieverhuizing van $3 \cdot 10^{-5}$ eV. Deze zeer geringe verschuivingen zijn groter dan de bandbreedte van de overgangen en daardoor is het mogelijk met een nauwkeurig afgestemde laserfrequentie alleen het ^{235}U -atoom aan te slaan. De energie van de laserfotonen is ongeveer 1 eV.



De frequentie van de laser moet derhalve met een nauwkeurigheid van 0,01 promille worden afgestemd.

Kenmerkend voor alle foto-ionisatieprocessen is dat deze uit twee of meer trappen bestaan. De eerste stap is de isotoopselectieve excitatie. Hiervoor is de uiterst nauwkeurig afgestemde laser nodig. In de tweede stap vindt de ionisatie van de aangeslagen atomen plaats. De belangrijkste methoden voor selectieve ionisatie zijn te vinden in fig. 5. In fig. 5a is een twee-staps ionisatie afgebeeld. Fig. 5b laat een vrijwel identiek proces zien met dit verschil dat



het tweede foton het uraniumatoom tot vlak onder de ionisatietoestand brengt. De ionisatie vindt plaats door een intens infrarood of elektrisch veld. Fig. 5c laat een drie-staps ionisatieproces zien. De drie fotonen die nodig zijn voor dit ionisatieproces worden geleverd door drie rhodamine kleurstoflasers. Het vereiste vermogen van de laser is ongeveer 10 kW.

De verdamping van het uraniummetaal met een snelheid van enkele honderden grammen per seconde is een gigantisch technisch probleem. Uranium verdampt pas bij een temperatuur van 2600 K en zowel de damp als de vloeistof zijn zeer reactief. Er zal gebruik gemaakt moeten worden van zeer zorgvuldig ontworpen warmte-isolatoren. De verhitting kan plaatsvinden met een elektronenbundel.

Een ander belangrijk technisch obstakel betreft het pompen van de kleurstoflasers. Deze kleurstoflasers moeten gedurende een lange periode met een zeer hoge puls frequentie kunnen werken. Dit probleem is in het Lawrence Livermore Laboratorium opgelost door gebruik te maken van koperdamp pomplasers, die in 1982 al meer dan 2000 uur hadden gewerkt en over een periode van 92 uur meer dan 55 procent van de tijd werkten.

Geheel linksboven: Fig. 4. Het basisprincipe van de atomaire damp laser-isotoopscheiding. De puntjes zijn ^{238}U -atomen. De grote puntjes zijn de ^{235}U -atomen. Deze worden door het laserlicht geïoniseerd, waarna ze elektromagnetisch worden gescheiden.

Geheel links: Het scheidingssysteem zoals dat ontwikkeld is in het Lawrence Livermore National Laboratory. In dit vat worden de door het laserlicht geïoniseerde U-235 atomen gescheiden van de U-238 atomen.

Linksboven: Fig. 5. De drie methoden voor selectieve ionisatie van ^{235}U . De eerste stap is een isotoopselectieve excitatie en de tweede stap een ionisatie van de aangeslagen toestand.

Links: Een kleurstoflaserversterker met onderlinge loodrechte richtingen voor de excitatie, de vloeistofstroom van de kleurstoflaser (van boven naar beneden) en de versterking (zie ook fig. 3).

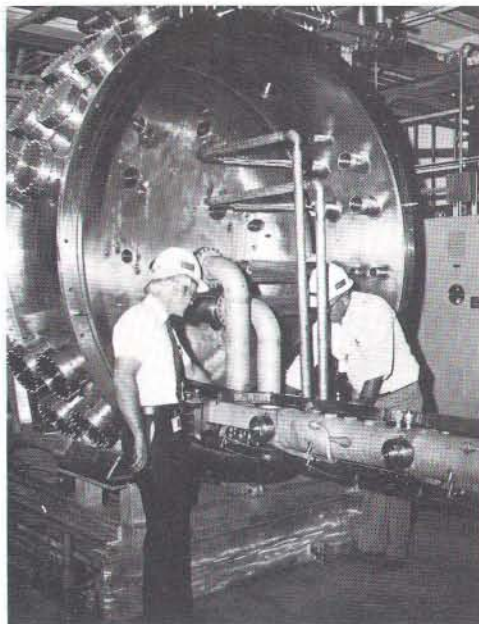
Het atomaire proces in Livermore

Vanaf 1972 werd er in de Verenigde Staten op drie plaatsen aan laserverrijking gewerkt. In Los Alamos deed men onderzoek naar de moleculaire methode. In Livermore en bij Jersey Nuclear Isotope Inc (JNAI) werkte men aan het atomaire scheidingsproces. Voor alle drie de onderzoekprogramma's geldt dat er zo'n honderd onderzoekers bij betrokken zijn en dat er rond de 100 miljoen dollar in het onderzoek werd geïnvesteerd.

In mei 1982 gaf een adviescommissie van het Ministerie van Energie de voorkeur aan het proces dat in Livermore was ontwikkeld. Hiervoor kan een aantal argumenten worden aangevoerd. In de eerste plaats was het pompmechanisme dat in Livermore was ontwikkeld veel betrouwbaarder dan het pompmechanisme van JNAI, dat gebruik maakte van de flitslichtmethode. De betrouwbaarheid en een hoge puls frequentie van het pompmechanisme zijn essentieel voor een hoge produktie van verrijkt uranium. In de tweede plaats is alleen de atomaire methode geschikt om plutonium te verrijken. De moleculaire methode valt af vanwege de instabiliteit van het PuF_6 . En in de derde plaats is het vanwege de militaire aspecten van de laserverrijking voor de Amerikaanse regering van vitaal belang het onderzoek onder eigen beheer te hebben.

Het isotoop-scheidingsproces uit Livermore wordt weergegeven in fig. 6. Het laserverrijkingsproces bestaat uit drie afzonderlijke fasen: het opwekken van een laserbundel met een zeer nauwkeurig afgestemde frequentie; het versterken van deze laserbundel; het scheiden van het geïoniseerde ^{235}U . In 1975 werd begonnen met de bouw van een prototype atomaire scheidingsysteem. Dit systeem bestaat uit 40 koperdamp pomplasers, 5 kleurstof hoofdosillatoren en 7 kleurstofvoorversterkers.

Voor de komende vijf jaar wordt 100 miljoen dollar per jaar uitgetrokken voor het laserverrijkingsonderzoek. Van dit geld zal er in Livermore onder andere een proeffabriek worden gebouwd die in 1985 klaar moet zijn. Het lasersysteem zal een afstembaar vermogen leveren in de orde van kilowatts. In Oak Ridge zal door het Lawrence Livermore Laboratorium en Union Carbide Corp. een prototype van een compleet produktiesysteem worden gebouwd dat in 1988 klaar zal zijn.



Het scheidingssysteem bevat een verdamper en een collector. Het uranium wordt met een elektronenbundel verdampt. Op de foto wordt de uitlijning van het verdampingssysteem gecontroleerd.

Capaciteit van een laserverrijkingssysteem

De grootte van de proeffabrieken in Livermore en Oak Ridge zijn geheim, evenals de scheidingsfactor en de omvang van de massastromen. De laatste jaren is er sprake van een volledige geheimhouding rond de laserverrijking. Ondanks deze geheimhouding is het toch mogelijk een globaal idee te krijgen van de capaciteit van het laserverrijkingssysteem dat in de vorige hoofdstukken is beschreven. De belangrijkste parameters die de produktie bepalen zijn: de dichtheid van de atomaire damp, de grootte van het volume waar de interactie tussen het laserlicht en de atomaire damp plaatsvindt, de puls frequentie en de scheidingsfactor.

De dichtheid van de uranium- of plutoniumdamp moet nogal laag worden gehouden om een hoge scheidingsfactor te kunnen realiseren. Door ladingsuitwisseling tussen het geïoniseerde ^{235}U en het neutrale ^{238}U gaat de selectiviteit bij hogere dichtheden sterk om-

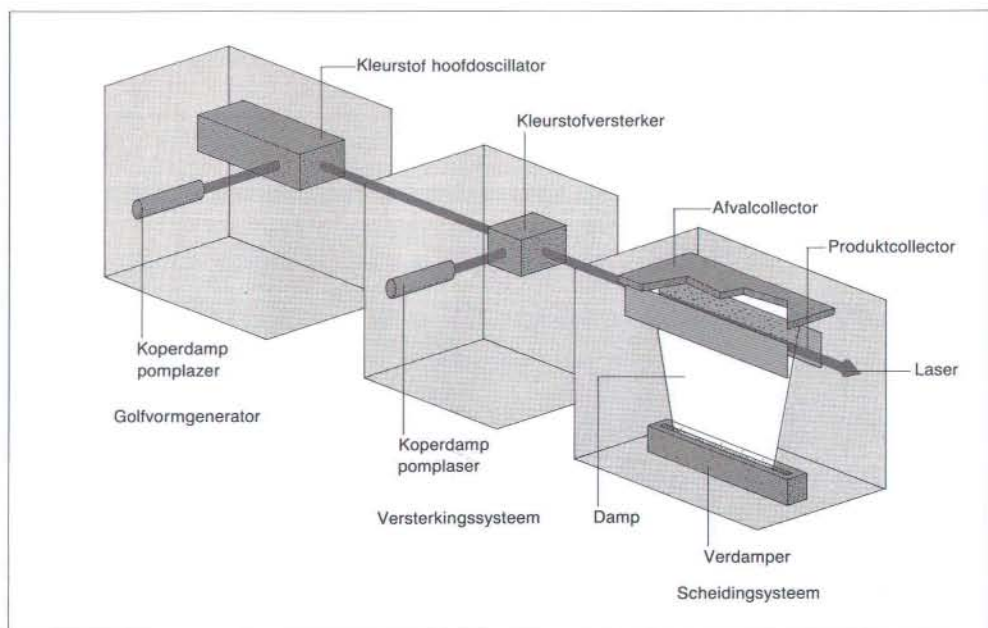


Fig. 6. Het isotoopscheidingssysteem in Livermore bestaat uit drie fasen: het lasersysteem met afstembare frequentie; het laserversterkingssysteem; het eigenlijke scheidingssysteem van het uranium-235.

laag. Bovendien treden er bij hogere dichtheden plasma-effecten op die de efficiëntie van het proces sterk beïnvloeden. In het algemeen wordt een dichtheid van 10^{20} atomen per m^3 als bovengrens genoemd. Voor plutonium gaan we uit van een dichtheid van 10^{19} atomen per m^3 om het vereiste laservermogen niet te hoog te maken. De dichtheid van de ^{235}U -atomen is dan $7 \cdot 10^{17}$ per m^3 en van ^{239}Pu $5 \cdot 10^{18}$ per m^3 , omdat natuurlijk uranium slechts 0,7 procent ^{235}U bevat en reactorplutonium ca. 50 procent ^{239}Pu . Een hoge dichtheid van de damp is essentieel voor een grote productie, vandaar dat er veel onderzoek wordt gedaan naar de mogelijkheid de dichtheid ondanks de ladingsuitwisseling toch te verhogen. Het interactievolume wordt bepaald door de lengte van de dampkolom en de diameter van de laserbundel. Voor de lengte zijn waarden van 200 m genoemd en een diameter van 5 cm is al gerealiseerd. In de toekomst zullen lasers met grotere diameters worden gebouwd. Het interactievolume is dan $0,4 m^3$.

Met behulp van bovenstaande gegevens is het mogelijk de productiesnelheid te berekenen, wanneer we uitgaan van een puls frequentie van 10^4 Hz. Bij deze berekening moeten we bedenken dat in een verzadigde ionisatietoestand de helft van het aantal ^{235}U -atomen is geïoniseerd. In tabel 4 worden de resultaten van de berekeningen samengevat. Uit deze tabel blijkt dat er een jaarproductie van

TABEL 4. De jaarproductie van een uranium en een plutonium laser-isotoopscheidingssysteem.

	Uranium	Plutonium
Dichtheid van de atomaire damp (m^{-3})	10^{20}	10^{19}
Dichtheid van ^{235}U , resp. ^{239}Pu (m^{-3})	$7 \cdot 10^{17}$	$5 \cdot 10^{18}$
Interactievolume (m^3)	0,4	0,4
Pulsfrequentie (Hz)	10^4	10^4
Productiesnelheid ($g \cdot s^{-1}$)	0,6	4
Jaarproductie (kg)	18600	120000

18600 kg verrijkt uranium en 120000 kg verrijkt plutonium mogelijk is. Deze waarden hebben echter betrekking op een absolute bovengrens waarbij alle atomen van het gewenste isotoop worden geïoniseerd en gescheiden. In praktische opstellingen zullen niet alle atomen van het gewenste isotoop worden geïoniseerd en zullen er vele verliezen optreden, zodat de werkelijke produktie een of meerdere ordes van grootte lager kan zijn. Het is echter wel duidelijk dat het relatief gemakkelijk is om plutonium te verrijken. Dit komt omdat het percentage van het gewenste plutoniumisotoop ongeveer zeventig maal hoger is dan het percentage ^{235}U in natuurlijk uranium.

De scheidingsarbeid van het laserverrijkingssysteem hangt af van de gerealiseerde scheidingsfactor. De waarde van deze factor is

onbekend. Wanneer in één stap een verrijking van het uranium mogelijk is tot 90 procent, dan is de capaciteit van de fabriek ongeveer 4 Mswu per jaar. In dat geval zou er elke 0,4 dag 20 kg 90 procent uranium worden geproduceerd, hetgeen voldoende is voor een bom. Voor plutonium is de produktietijd van een bom slechts 20 minuten, omdat de kritische massa van een plutoniumbom 5 kg is. Voor een volledige fabriek zijn er voedingsmassastromen genoemd van 10^7 kg per jaar en een produktiesnelheid van 10^6 kg per jaar. Dit produkt zou tot ongeveer 6 procent zijn verrijkt. Deze fabriek heeft dan een capaciteit van ongeveer 10 Mswu. In dat geval zijn er drie verrijkingsstappen nodig om tot de produktie van hoog verrijkt uranium te komen, nodig voor atoombommen.

TABEL 5. De kapitaalkosten, energie-eisen en bedrijfskosten van uranium-verrijking met gasdiffusie, gascentrifuge en laser-isotoopscheiding.

Kapitaalkosten (dollar/swu/jaar)	1976	1982
Gasdiffusie	500	600
Gascentrifuge	250	800
LIS	16	60
Energie-eisen (kWh/swu)	1976	1982
Gasdiffusie	2400	2400
Gascentrifuge	240	100
LIS	24	100
Bedrijfskosten	1976	1982
Gasdiffusie	Laag	Laag
Gascentrifuge	Laag	Bescheiden
LIS	Zeër laag	Laag

Rechts: De ontwikkeling van de koperdamplaser was een van de belangrijkste doelstellingen van het programma in Livermore sinds 1974. In 1975 was het gemiddelde vermogen 1-2 watt. In 1977 werd dit verhoogd tot 10-20 watt. Op de foto een koperdamplaser met een diameter van ca. 10 cm en een vermogen van enkele kilowatt.



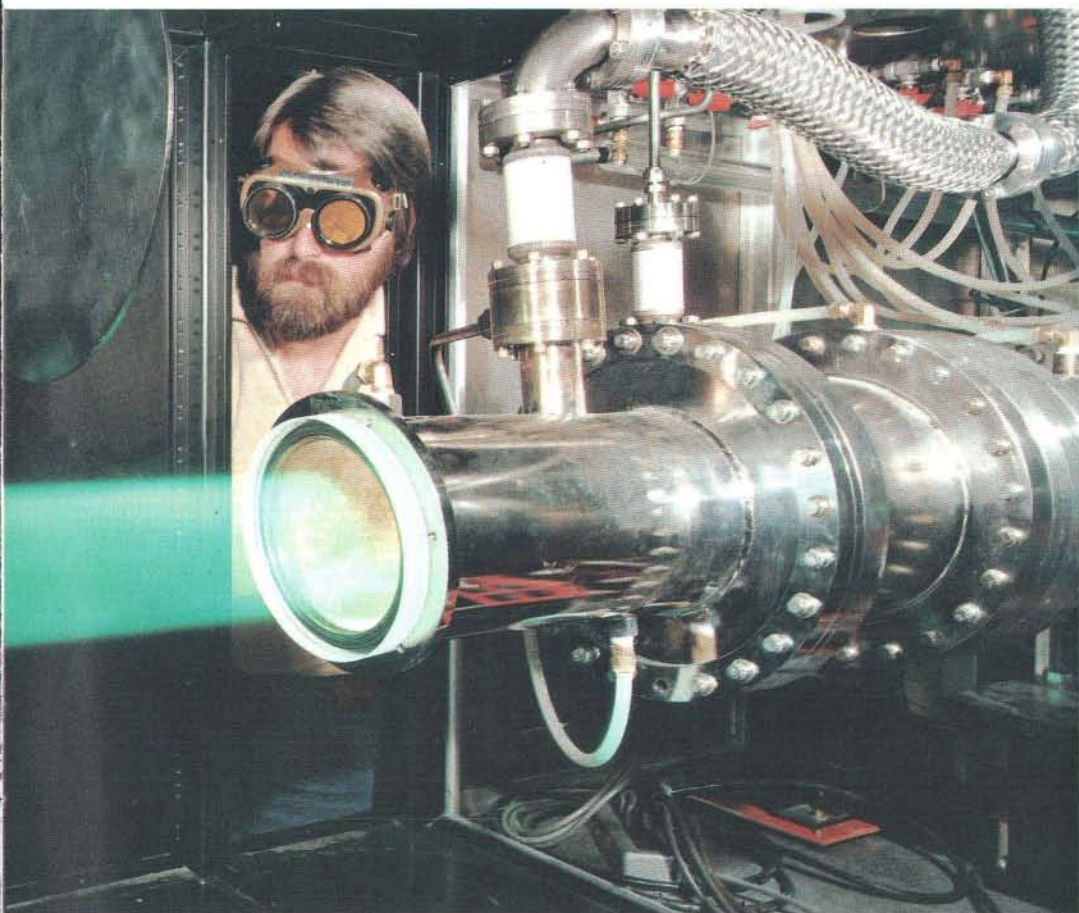
De kosten van laser-isotoopscheiding

De kapitaalkosten, de energie-eisen en de bedrijfskosten van laser-isotoopscheiding vergeleken met die van gasdiffusie en de gascentrifuge staan in tabel 5. In deze tabel zijn twee schattingen opgenomen: een uit 1976 en een uit 1982. Uit vergelijking van deze twee schattingen blijkt dat de kapitaal- en energiekosten van de gasdiffusie vrijwel hetzelfde zijn gebleven. De energiekosten van de gascentrifuge zijn met een factor 2,4 gedaald, terwijl de kapitaalkosten met ongeveer dezelfde factor zijn gestegen. Het is economisch bijzonder aantrekkelijk de energiekosten te drukken, omdat bij de diffusie de helft van de totale verrijkingskosten afkomstig is van het energieverbruik.

Uit recente hoorzittingen voor het Amerikaanse Congres blijkt dat een proeffabriek voor de prijs van 40 miljoen dollar in 1986 in bedrijf zal gaan. Volgens het gegeven uit tabel 5 zou deze proeffabriek een capaciteit van 0,66 Mswu per jaar bezitten. Deze waarde komt goed overeen met de schattingen van de capaciteit uit het vorige hoofdstuk.

Motieven voor de snelle ontwikkeling van LIS

Er bestaan twee bijzonder krachtige motieven voor de snelle ontwikkeling van de laser-verrijking, namelijk een economisch en een militair-strategisch. Het economische motief volgt uit de behoefte aan scheidingsarbeid in de komende jaren. In 1980 was er in de wereld een scheidingsarbeid van 15 Mswu nodig om



de bestaande kerncentrales van brandstof te voorzien. Voor 1990 is er in het geval van lage nucleaire 30 Mswu nodig en voor 2000 is dit 60 Mswu. De verrijkingskosten bedragen 140 dollar per swu oftewel 600 dollar per kg 3 procent uranium. Wanneer in de periode van 1990-2000 een laserverrijking capaciteit van 6 Mswu per jaar wordt geïnstalleerd en er totaal 30 Mswu tot 2000 zal worden geleverd door deze installaties, dan is totale omzet 4,2 miljard dollar. In 1976 werden er zelfs bedragen tussen de 20 en 80 miljard dollar genoemd. Inmiddels is duidelijk dat deze veel te hoge bedragen het resultaat waren van een te groot optimisme betreffende de successen van de laserverrijking en van overspannen verwachtingen omtrent de groei van de benodigde verrijking capaciteit.

Deze tekening geeft een indruk van het prototype van het complete produktiesysteem dat in 1988 klaar moet zijn. Het project is opgezet door het Lawrence Livermore Laboratorium en Union Carbide en is gesitueerd in Oak Ridge.

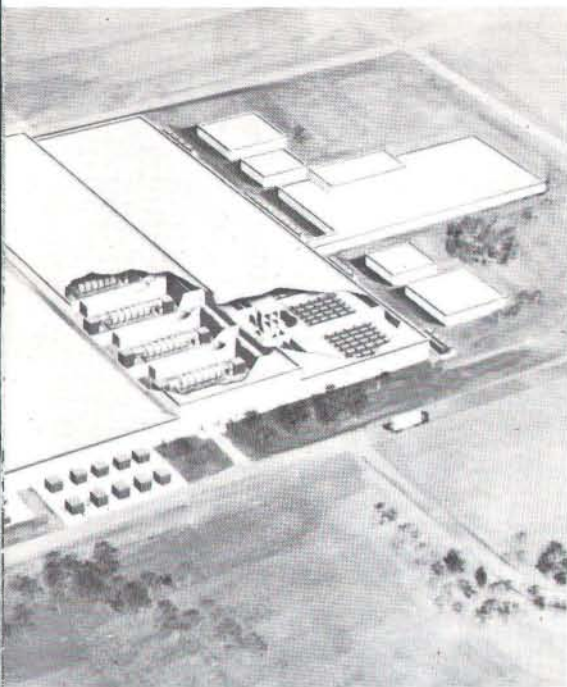


Het militair-strategische motief hangt samen met het defensieprogramma van de Verenigde Staten. De regering Reagan is van plan het nucleaire arsenaal drastisch uit te breiden. Er zijn plannen om in het komende decennium een nieuwe generatie SLBM's (Submarine Launched Ballistic Missiles) te introduceren, enkele duizenden kruisraketten te plaatsen, de MX te bouwen en nieuwe tactische kernwapens te vervaardigen. Het gaat hierbij vermoedelijk om duizenden kernkoppen. Bovendien geeft men bij de vervanging van oude kernwapens er de voorkeur aan het uranium te vervangen door plutonium, omdat plutoniumbommen kleiner en efficiënter zijn. Al dit plutonium zou geproduceerd moeten worden in speciale plutoniumreactoren in Savannah River, South Carolina. Deze reactoren worden echter ook gebruikt voor de productie van tritium, een onmisbaar element voor de waterstofbom. Inmiddels beschikt de Verenigde Staten over ongeveer 70 ton reactorplutonium, dat zo'n 35 à 40 ton ^{239}Pu bevat. Van deze voorraad plutonium kunnen 7000 tot 8000 bommen worden gemaakt, voldoende om aan de vraag naar plutonium te voldoen.

LIS en de verspreiding van kernwapens

Critici van het laserverrijkingsprogramma wezen al spoedig op het grote proliferatiegevaar van deze methode. Men sprak in dit verband wel van een garagetechnologie. De traditionele verrijkingsprocessen – gasdiffusie en gascentrifuge – zijn technologisch zeer hoogwaardig en bijzonder kapitaalintensief. De angst leefde dat met de ontwikkeling van de laserverrijking kleine landen gemakkelijker een verrijkingsfabriek konden installeren. Dit was voor de natuurkundige B.M. Casper de aanleiding om in 1977 op te roepen tot het tijdelijk stopzetten van de experimenten. In een boek van het SIPRI wordt eveneens gepleit voor het stopzetten van het onderzoek naar laserverrijking (Krass, 1983).

Inmiddels is duidelijk dat laserverrijking beslist geen garagetechnologie is, maar technologisch bijzonder hoogwaardig is en dat er investeringen in de orde van tientallen miljoenen dollars nodig zijn voor een fabriek met een capaciteit van 1 Mswu per jaar. Toch zijn er enkele kwalitatieve verschillen tussen de laserverrijking en de andere verrijkingsprocessen,



waardoor laserverrijking proliferatie-gevoeliger is. De scheidingsfactor bij laserverrijking is erg hoog, waardoor er slechts weinig stappen nodig zijn om hoogverrijkt uranium te produceren. Bovendien is de opstarttijd van het hele systeem in vergelijking met die van een gasdiffusiefabriek erg kort. Hierdoor is het veel gemakkelijker bestaande installaties die bestemd zijn voor de productie van reactor-

uranium te misbruiken voor de productie van wapenuranium. Voorlopig zal er nog geen sprake zijn van dit risico, omdat vooral de kernwapenstaten werken aan de ontwikkeling van de laserverrijking. De bijdrage van de laserverrijking aan de verspreiding van kernwapens (horizontale proliferatie) zal de komende decennia gering zijn.

Voor wat betreft de verticale proliferatie ligt de zaak volkomen anders. Het laser-isotoopscheidingsprogramma is erop gericht voor 1990 plutonium te verrijken. Plutoniumverrijking dient uitsluitend een tweeledig militair-strategisch doel. In de eerste plaats kan het reactorplutonium gebruikt worden voor de uitbreiding van het kernwapenarsenaal van de Verenigde Staten. Hierdoor wordt er een direct verband gelegd tussen het civiele en militaire kernenergieprogramma. Dit verband is door voorstanders van kernenergie altijd ontkend. Wanneer de plutoniumverrijking een feit is, dan is het onmogelijk de ogen te sluiten voor de koppeling tussen civiel en militair gebruik van kernenergie. Door deze koppeling zal de dreiging van een nucleaire vernietiging van de wereld nog zwaarder drukken op de vreedzame toepassingen van kernenergie.

In de tweede plaats is het mogelijk de wapenkwaliteit van het plutonium te verbeteren door het ^{240}Pu er met behulp van de laser uit te halen. Hierdoor krijgt men de beschikking over een superkwaliteit plutonium, waardoor een kwalitatieve verbetering van de kernwapens mogelijk is. Het is dan ook terecht zich zorgen te maken over de militaire toepassingen van de laser-isotoopscheiding.

Literatuur

- Krass, Allan S., Boskma, Peter, Elzen, Boelie, Smit, Wim A., (1983). *Uranium Enrichment and Nuclear Weapon Proliferation*, SIPRI, Stockholm.
- Rullmann, Ton, (1983). *Laser Isotoop Scheiding. Fundamenteel onderzoek in (semi-)militaire kontekst*, Rijksuniversiteit Groningen.
- Jutte, Peter, Renders, Peter, Althof, Michiel, (1982). *Ontwikkelingen in de uraniumverrijking*, Natuurkunde & Samenleving, TH Eindhoven.
- Zare, R.N., (1977). *Laser Separation of Isotopes*. Scientific American 236, 2 (februari).
- Ronn, A.M., (1979). *Laser Chemistry*, Scientific American 240, 3 (mei).

Bronvermelding illustraties

- Fritz Goro, Chappaqua, N.Y., pag. 142-143, 146-147.
- Lawrence Livermore National Laboratory, University of California, Livermore, Ca.: pag. 150, 151, 154-155.
- Union Carbide Corporation, Nuclear Division, Oak Ridge, Tennessee: pag. 152, 156-157.

ACTUEEL

Nieuws uit wetenschap, technologie en samenleving
natuur en techniek

Kanker en voedsel

Uit onderzoek blijkt dat circa 30 procent van alle gevallen van kanker in onze westerse wereld te wijten is aan het roken van tabak. Ook voeding is vermoedelijk een belangrijke factor, hoewel over de exacte percentuele bijdrage nog wel twijfel bestaat. Hetzelfde rapport schat de bijdrage van voeding tot de totale kankerincidentie op ongeveer 35 procent. Sommige geleerden menen dat het grote aantal borstkankers in West-Europa en de USA in verband staat met het hoge vetgehalte van ons voedsel. Het zou de vatbaarheid voor borstkanker verhogen. Behalve dit soort algemene effecten kunnen er ook bepaalde bestanddelen van ons voedsel zijn die op zichzelf een kankerverwekkend vermogen bezitten.

Hoe kan men te weten komen of een bepaalde stof kanker kan veroorzaken? Er is daarvoor een vrij eenvoudige test ontwikkeld door de Amerikaanse onderzoeker Bruce Ames. De Ames-test bestaat hieruit, dat men de verdachte stof toevoegt aan bepaalde cellen, bijvoorbeeld bacteriën, en kijkt of die bacteriën dan blijvend van eigenschappen veranderen. Is dit het geval dan is de bewuste stof 'mutageen', d.w.z. zij is in staat om het DNA van de bacteriën blijvend te veranderen. De meeste mutagene stoffen blijken in de praktijk ook 'carcinoogeen' te zijn, d.w.z. als men ze toedient aan proefdieren krijgen deze kanker. In de Ames-test voegt men vaak ook van te voren enzymen toe om de verdachte

stof te activeren. De meeste chemicaliën krijgen namelijk pas een kankerverwekkend vermogen als ze door enzymen in ons lichaam worden geactiveerd en dit verschijnsel bootst men dus na in de Ames-test.

In een recent nummer van het Amerikaanse blad Science geeft Ames een uitvoerige opsomming van stoffen in ons voedsel waarvan bekend is dat ze kanker kunnen veroorzaken. Een groot aantal van deze stoffen is van plantaardige oorsprong. Planten produceren van nature grote hoeveelheden giftige stoffen, waarschijnlijk met het oogmerk deze als bescherming te gebruiken tegen bacteriën en schimmels, schadelijke insecten of vraatzuchtige dieren. Tot de plantaardige stoffen die carcinoogeen zijn, behoren o.a. stoffen zoals safrol, estragol

en methyl-eugenol. De olie van de sassafras, een Noordamerikaanse laurierboom, bestaat voor driekwart uit safrol. Zwarte peper bevat kleine hoeveelheden safrol, maar grote hoeveelheden van het aan safrol verwante piperine. Wanneer men extracten van zwarte peper toedient aan muizen krijgen deze een tumor.

Een tweede groep verdachte stoffen zijn de hydrazines die voorkomen in paddestoelen en waarvan bekend is dat ze zowel mutageen als carcinoogeen kunnen zijn. Men denkt dat hydrazines hun kankerverwekkende werking uitoefenen o.a. door zuurstofradicalen te vormen. Wat onze inheemse paddestoelen betreft is er weinig reden tot ongerustheid. Dan zijn er de furocoumarines, stoffen die door licht worden geactiveerd tot carcinogenen en

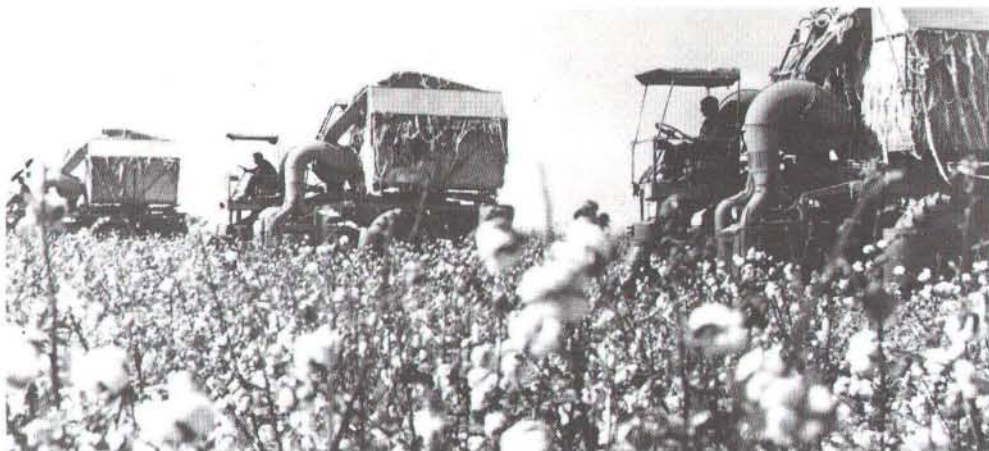


De kans op huidkanker door lang in de zon te liggen wordt vergroot door bepaalde zonnebrandoliën (ANP-foto).

die wijdverspreid in het plantenrijk voorkomen, bijvoorbeeld in selderij, witte peen, vijgen en peterselie. Plukkers van selderij krijgen soms uitslag op hun armen, vooral als de selderij ziek is en het gehalte aan furocoumarines honderdvoudig toeneemt. De olie van de bergamot, een soort citroen, is zeer rijk aan pso-

ben, zoals al eerder vermeld, de gewoonte om te reageren op beschadigingen door het aanmaken van vele, vaak giftige chemicaliën als bescherming tegen insecten. Een potentiële gevaarlijke stof in ons voedsel is ook het quercetine, waarmee men tumoren kan induceren bij ratten. Ook de quinonen zijn gevaarlijk omdat deze radi-

De olie van katoenzaad bevat gossypol, een stof die bepaalde pathologische afwijkingen tot gevolg kan hebben. Daarbij is het ook nog kanker-
verwekkend. Omdat de olie in Egypte vaak in het voedsel gebruikt wordt, zou een deel van de kankergevallen daaraan geweten kunnen worden (ANP-foto).



raleen, een stof die in Frankrijk soms wordt toegevoegd aan zonnebrandolie. Wanneer psoralenen geactiveerd worden door zonlicht, zijn zij in staat om DNA te beschadigen. Het DNA van de huid wordt dan door de olie nog erger aangetast dan door de ultraviolette straling van de zon, die zoals bekend is ook kanker kan veroorzaken als men te lang in de zon blijft liggen.

In de aardappel bevinden zich bepaalde glycoalkaloiden die in staat zijn beschadigingen aan te brengen in chromosomen van mens of dier. Als aardappels ziek zijn, beschadigd, of blootgesteld aan zonlicht, neemt het gehalte aan deze glycoalkaloiden snel toe tot hoogten die levensgevaarlijk zijn voor de mens. Planten heb-

calen kunnen vormen die vetbestanddelen in ons lichaam oxyderen, hetgeen tot het ontstaan van carcinogene stoffen aanleiding geeft. Bepaalde derivaten van quinonen worden aangetroffen in rabarber.

Dan is er het theobromine, een stof die verwant is aan cafeïne, en die ons DNA gevoeliger maakt voor de werking van carcinogene stoffen. Theobromine veroorzaakt afwijkingen in het sperma van ratten wanneer men het aan deze dieren toedient. Cacaopoe-der bestaat voor ongeveer 2 procent uit theobromine. Over de dosis-effect relatie van theobromine bij de mens is echter niets bekend, dus we weten de risico's niet. Theobromine zit overigens ook in thee.

Pyrrolizidine-alkaloïden, waarvan bekend is dat ze carcinogeen zijn, worden aangetroffen in diverse plantesoorten, overigens in zeer minieme hoeveelheden. Deze stoffen worden vooral geconsumeerd door de mensen die gezond denken te leven door een dieet van kruiden en het drinken van kruidenthee. Vergiftiging door pyrrolizidine-alkaloïden kan leiden tot schade aan de long en lever en wordt dan vaak verkeerd gediagnostiseerd.

De tuinboon, een geliefd voedselbestanddeel bij volkeren van het Middellandse-Zeegebied, bevat de toxinen vicine en convicine. Pythagoras (de man van de stelling van, was ook wijsgeer) verbood zijn volgelingen indertijd de tuinboon te eten vermoedelijk

omdat hijzelf, zoals vele miljoenen mensen in het Middellandse-Zeegebied, leed aan een bepaalde enzymdeficiëntie waardoor hij extra gevoelig was voor de giftige toxines uit bonen. Overigens is het wat dit betreft interessant te vermelden dat dezelfde enzymdeficiëntie juist wél weerstand biedt tegen malaria!

We zijn nog niet aan het eind van de lijst verdachte stoffen die door Ames worden genoemd. Zo is er bijvoorbeeld het allylthiocyanaat, een smaakvol bestanddeel van mosterd en radijs. Wanneer men dit aan cellen toedient, ontstaan er beschadigingen aan de chromosomen. De stof is ook carcinogeen in ratten.

Gossypol, een toxine in katoenzaad, veroorzaakt pathologische veranderingen in de testikels van de rat en de mens, abnormaal sperma en steriliteit. Bovendien bezit gossypol een carcinogene werking: wanneer men het regelmatig aanbrengt op de huid van een muis ontstaat op die plek een tumor. In Egypte zou gossypol wel eens een belangrijke carcinogene factor kunnen zijn, want daar wordt de olie van katoenzaad vaak gebruikt bij het bereiden van voedsel.

In China wordt momenteel onderzocht of gossypol wellicht gebruikt kan worden als anticonceptiemiddel bij de man. Voordeel is dat het goedkoop is en steriliteit veroorzaakt. Plantenkwekers hebben nieuwe plantesoorten ontwikkeld met lage gehalten aan gossypol, maar die blijken helaas veel gevoeliger te zijn voor infecties door de schimmel *Aspergillus flavus*, die de krachtige carcinogene stof aflatoxine produceert. Dus daarmee raakt men nog verder van huis!

In peulvruchten zoals lupine zitten bepaalde stoffen die chromosoombeschadiging kunnen veroorzaken. Koeien en geiten die van deze planten eten, brengen

later soms nakomelingen ter wereld met lichamelijke defecten. Zo werden abnormaliteiten bij kalveren gevonden als de moederkoe gegeten had van de stof anagyryne die in lupine voorkomt. Als belangrijke hoeveelheden van deze stof terechtkomen in de koemelk, zou dit deze melk voor zwangere vrouwen gevaarlijk maken; ze zouden dan misschien het risico lopen dat ze misvormde kinderen ter wereld brengen. Dat zo iets niet denkbeeldig is, blijkt uit het geval van een boerengezin in California waar zowel een misvormd kind, als enkele misvormde hondjes en een misvormde geit werden geboren. Zowel de zwangere vrouw als de hond hadden melk gedronken van de geit, en deze had lupine gegeten die in de boerderij was opgeslagen als voeder in de winter.

Uit de lange rij stoffen in planten die tot kanker aanleiding kunnen geven, komt Ames in zijn artikel in Science tot de slotsom dat de opname van 'natuurlijke' insecticiden door de mens tenminste tienduizend keer groter zou zijn dan die van 'door de mens vervaardigde' insecticiden. Daarbij dient dan wel aangetekend te worden dat Ames een wereldinventarisatie maakt, en dat slechts een deel van zijn gegevens betrekking heeft op de situatie in België en Nederland.

De lezer van het artikel van Ames in Science slaat de schrik om 't hart wanneer hij die lange lijst van carcinogenen daar ziet staan. Het lijkt wel alsof niets gezond is, alsof alles wat wij eten vol zit met kankerverwekkers. Dat is natuurlijk niet zo. Ten eerste zijn de hoeveelheden van deze stoffen die wij opnemen gewoonlijk zeer minuscule, maar bovendien eten we niet de zuivere carcinogenen, maar mengsels van stoffen waarvan de meeste neutraal, sommige carcinogeen, maar ook sommige anti-carcinogeen zijn.

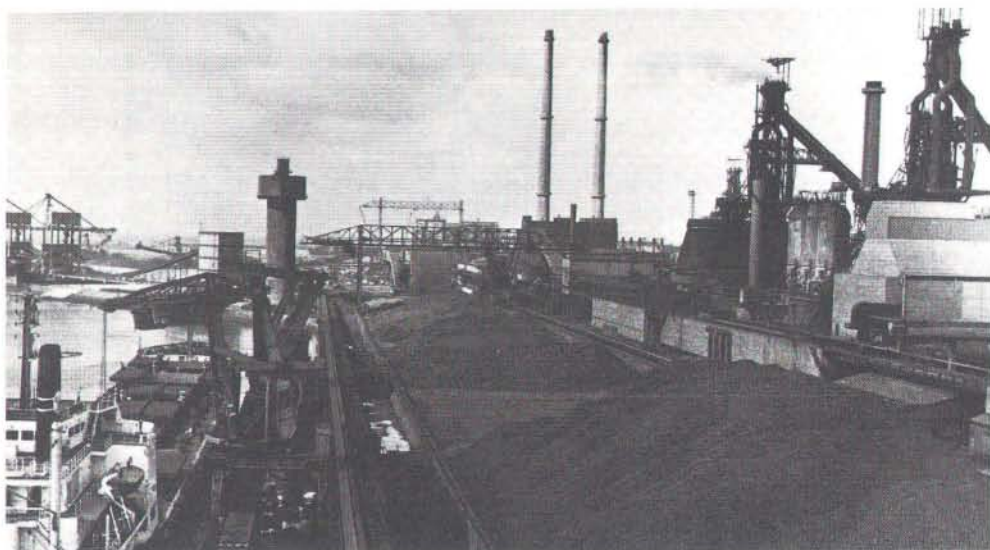
Bovendien beschikt het menselijk lichaam over diverse methoden om zich te verweren tegen kankerverwekkende stoffen. De buitenlaag van de huid schilfert regelmatig af en wordt vervangen door nieuwe gezonde cellen, en ook de binnenste cellaag van de darm wordt regelmatig vervangen. Het lichaam beschikt ook over manieren om carcinogene stoffen te ontkrachten, bijvoorbeeld door te verhinderen dat er door oxydatie gevaarlijke radicalen uit ontstaan. Er zijn in het lichaam enzymen die deze oxydatie belemmeren en ook bepaalde stoffen die van nature in ons voedsel voorkomen hebben dit effect, o.a. vitamine C, vitamine E, seleen, glutathion en bèta-caroteen.

Het is dus zaak voldoende van laatstgenoemde stoffen op te nemen teneinde het carcinogene effect van de andere eerder genoemde stoffen te neutraliseren. Daartoe is het onnodig enorme hoeveelheden vitamine C, E, enz. te gaan slikken; een regelmatig gebruik van groenten en fruit, vis (seleen) en wortels (caroteen) zou al afdoende zijn. Ames besluit zijn artikel met erop te wijzen dat de natuur niet goeddaardig is, en dat geen enkel dieet volkomen vrij kan zijn van mutagenen en carcinogenen.

Gelukkig zijn zoals gezegd de meeste giftige stoffen in planten slechts in zeer geringe hoeveelheden aanwezig, maar men moet attent zijn op die gevallen waarin ze een gevaarlijk hoog peil bereiken. Ames gaat ook in op de gevaren verbonden aan het barbecuen van vlees, het roken van tabak, e.d. Ook dan kunnen mutagene en carcinogene verbindingen ontstaan die te detecteren zijn met de Ames-test.

Dr. M. Sluyser

Antoni van Leeuwenhoekhuis
Amsterdam



Scheepslading ijzer kan in brand roesten

Op 9 juni 1981 arriveerde in de haven van Vishakhapatnam, aan de oostkust van India, het Panamense vrachtschip Sanix Ace. Toen de dekluiken werden geopend, sloeg er een verzengende hitte uit de ruimen. De lading was DRI-pellets. Direct Reduced Iron, ook wel sponsijzer genoemd, is een soort ruwijzer in de vorm van korrels of knikkers, vrij poreus, dat als grondstof voor de staalproductie dient. Het bleek ondoenlijk de ruimen van het schip onder water te zetten, omdat het daarvoor te zwaar beladen was. Dus werd ontscheept wat er met grijpers te ontscheppen viel, waarna de Sanix Ace buitengaats werd gebracht en voor anker ging. De resterende pellets in de ruimen, ongeveer 500 ton, smeulden nog bijna een maand lang, evenals de geloste pellets. In de rapportage wordt gezegd dat

bij de bestrijding van de brand gangbare blusmiddelen als water, schuim en droogpoeder vrijwel geen effect sorteerden.

Uitvoeriger gedocumenteerd is het geval van zelfontbranding aan boord van de Agios Giorgis, een Grieks vrachtschip dat op 18 september 1979 in het Amerikaanse New Haven binnenliep. Twintig dagen eerder was het schip in Chicago goeddeels geladen met draaisels: afval van de staalindustrie en ook een grondstof — zij het een secundaire — voor de productie van nieuw staal. Tijdens het laden werd plotseling vastgesteld dat de temperatuur dieper in de ruimen opliep tot boven de 65°C, en binnen enkele uren werden waarden van meer dan 100°C gemeten. In de daarop volgende dagen steeg de temperatuur tot tegen de 540°C. En dat terwijl inderhaast

Een bepaalde soort ruwijzer, DRI-pellets, kan in ruimen van schepen spontaan ontbranden (ANP-foto, Amsterdam).

was berekend dat de scheepshuid het bij ongeveer 700°C zou begeven. Besloten werd de drie ruimen waarin zich de grootste hitteontwikkeling voordeed geheel blank te zetten. Daarna zakte de temperatuur geleidelijk tot ongeveer 90°C en kon de Agios Giorgis koers zetten naar het nabij gelegen Newark, waar de lading werd ontscheept. Daarbij viel op dat de draaisels, die meer dan tien dagen onder water waren geweest, in de open lucht opnieuw leken op te gloeien en rook afgaven. Reders, zeevarenden en havenautoriteiten kennen het gevaar van spontane verhitte bulkclading, maar hebben er niet echt slapeloze nachten van. Immers, enige zorgvuldigheid en naleving van de voorschriften bij de verscheping voorkomt ongelukken. Bij zelfopwarming gaat het om twee verschillende verschijnselen.

Het ene, dat elke tuinier in zijn composthoop kan waarnemen, is broei. Daarbij is niet altijd zuurstof nodig. Ladingen waarin broei kan optreden zijn graan, oliehoudende zaden en fruit (bananenschepen zijn bijvoorbeeld uitgerust met speciale koelinstallaties). Dit is een van de redenen waarom de Scheepvaartinspectie reders en kapiteins wijst op het risico van zuurstofarme ruimten. Genoemde ladingen staan bij de inspectie te boek als gevaarlijke stoffen, die volgens tal van voorschriften dienen te worden behandeld. Evenzeer gevaarlijk kunnen scheepsladingen ijzer- of staalafval en DRI-pellets zijn. Het gaat hier om zelfopwarming door oxydatie, zeg maar: roesten. Het is een ander verschijnsel dan broei, maar voor leken lijkt het op elkaar.

Treedt in een scheepsruim vol draaisels ongewenste hitte-ontwikkeling op, dan wijst men doorgaans weer als oorzaak aan: broei, en wel in de vette verontreiniging van de ijzerdeeltjes. Want bij metaalbewerkingen als draaien en boren wordt als koelmiddel boorolie gebruikt, die aan het afval kleefst en daarmee in het scheepsruim terechtkomt. Volgens een Amerikaans onderzoek is dit echter van ondergeschikt belang.

Een aantal gevallen van oververhitting of zelfontbranding van ladingen DRI-pellets gaf echter stof tot nadenken. DRI wordt immers verkregen door verhitting van erts. Aan DRI kleefst dus geen boorolie, er kan geen sprake zijn van broei zoals bij draaisels en dus moest er naar andere oorzaken worden gezocht. Na een Amerikaans onderzoek, waarbij een wetenschappelijk model voor spontane verhitting van ijzer is opgesteld, heeft de discussie over de beveiliging van zeetransporten een nieuwe wending gekregen. De onderzoekers, verbonden aan de National Academy of Sciences,

schrijven de spontane verhitting toe aan oxydatie: de chemische reactie tussen zuurstof en een andere stof, in het onderhavige geval ijzer.

Bij de oxydatie van ijzer is niet alleen zuurstof, maar ook water vereist. De reactie is exotherm, wat wil zeggen dat er warmte bij vrijkomt. Bij het vervoer van kleine ijzerdeeltjes spelen twee problemen: ten eerste dat de oxydatiewarmte niet kan ontsnappen en ten tweede dat het oxydatieproces in een warme omgeving versnelt. Op grond van een fiks aantal variabelen hebben de Amerikaanse onderzoekers een model opgesteld, volgens hetwelk zich in een lading draaisels of DRI-pellets zoveel warmte ontwikkelt dat het proces zich versnelt en de temperatuur tot ongehoord hoge waarden oploopt. De variabelen zijn de grootte van de ijzerdeeltjes, de poreusheid, de dichtheid van de lading, luchtstromingen, de vochtigheidsgraad en eventuele aanwezigheid van een laagje roest.

In hun verslag zeggen de onderzoekers dat draaisels en DRI-pellets vooral wegens de grote

verhouding tussen uitwendige oppervlakte en volume zo vatbaar zijn voor versnelde oxydatie — draaisels omdat ze zo klein, DRI-pellets omdat ze zo poreus zijn. En wat interessant is: bij de spontane verhitting van draaisels noemen de onderzoekers de invloed van vette, organische verontreiniging (boorolie) van ondergeschikt belang. Ze spreken dan ook niet — zoals men dat bij broei pleegt te doen — van het risico van zuurstofarme ruimten, maar wijzen juist op het gevaar van aanwezige zuurstof.

Spontane verhitting zou dan ook te voorkomen zijn door de scheepsruimen hermetisch af te sluiten en de aanwezige zuurstof te verdringen door inerte gassen, die niet zo snel een reactie met andere stoffen aangaan. Gedacht wordt aan stikstofgas en eventueel kooldioxide. Een andere preventieve maatregel ligt voor de hand: de ruimten en de vatbare stoffen zo droog mogelijk houden, omdat voor het oxydatieproces nu eenmaal vocht vereist is.

(De letter W)

Laser vernietigt bloedklonters

Voor de eerste maal werd een laser bij mensen gebruikt om bloedklonters te vernietigen in geblokkeerde bloedvaten. Dit werd uitgevoerd aan de universiteit van Stanford bij twee patiënten wier been zou moeten afgezet worden als de operatie niet slaagde. De artsen brachten een catheter in de bloedvaten van de patiënt. Binnenin zat een glasvezelbundel als lichtgeleider. Zulke catheters zijn al een tijd gemeengoed in de endoscopie, zij het dat ze voor bloedvaten wel heel dun moeten zijn. Via de glasvezel bracht men

het licht van een argonlaser ter plaatse, om zo de klonters te verdampen. Rond de punt van de catheter zat een ballonnetje dat kon opgeblazen worden als de straal niet de klonters maar de vaatwand zou verdampen. Het geheel werd geleid via röntgenstralen.

De techniek was al eerder uitgetest op lijken en laboratoriumdieren, maar nog niet op levende mensen. De patiënten voelden zich prima en hebben geen last van nieuwe pijnen in het been.

(New Scientist)

Europese CD-spelers beter?

Een aantal muzikliefhebbers beweert verschil te kunnen horen tussen de Compact Disc platen-spelers van Europese en die van Japanse makelij. Dit lijkt nogal bizar, gezien alle spelers beantwoorden aan een internationaal erkende standaard. Bovendien zou het CD-procédé het summum

tot gevolg, die sommige luis-teraars zouden kunnen opmerken.

Als men mono gaat luisteren, zorgt de faseverschuiving voor het wegvallen van hoge frequenties. Nu is er natuurlijk niemand die eraan denkt om een Compact Disc mono te gaan beluisteren.



aan perfectie moeten leveren. De redactie kent niemand met zulke 'gouden oren', maar de technici van de BBC namen een en ander ernstig genoeg om de zaak uit te zoeken.

Er blijkt inderdaad technisch verschil te bestaan (waarmee nog niet bewezen is of er ook een hoorbaar verschil bestaat!). De Japanse toestellen geven het linker- en rechterkanaal afwisselend weer, zij het uiteraard in een uiterst snelle afwisseling, een kleine honderdduizend maal per seconde. De Europese toestellen geven voortdurend beide kanalen tegelijk weer. Door het verspringen van kanaal ontstaat een tijdsverschil tussen de kanalen. Dat heeft een kleine faseverschuiving

Radiozenders op de midden- en langegolf zenden echter wel in mono uit en zo werd het verschil ontdekt.

Bij de digitale opname van een plaat worden het linker en rechterkanaal continu en afzonderlijk opgenomen. De beide aldus verkregen cijferreeksen L en R worden echter wiskundig door elkaar gevlochten (LRLRLR, enz.) om één bitreeks te worden. De Europese spelers bezitten een buffergeheugen dat de gedecodeerde signalen weer tegelijk kan laten horen. De Japanse toestellen hebben zo'n geheugen niet en laten de kanalen in snelle afwisseling, zoals ze gecodeerd waren, horen. Het resultaat is een tijdsverschil van 11,34 μ s, met de bijbehoren-

de faseverschuiving in stereo en het wegvallen van de hoge tonen in mono bij 44 kHz. Het menselijk gehoor gaat maar tot 20 kHz bij *enkelvoudige tonen*. Het is echter bewezen dat de aan- of afwezigheid van nog hogere tonen in een *complex* geluid (zoals muziek altijd is) voor mensen met goede oren wel degelijk merkbaar is.

(New Scientist)

De Europese CD-speler schijnt beter te zijn dan de Japanse, echter in het 'onhoorbare' gebied (Philips-foto).

Nobelprijs natuurkunde voor twee sterrenkundigen

De Nobelprijs natuurkunde 1983 was voor de sterrenkundigen Chandrasekhar (zie het januari-nummer) en Fowler, waarbij Fowler eigenlijk als vertegenwoordiger van nog eens drie andere sterrenkundigen gekozen werd. William A. Fowler, van oorsprong kernfysicus, is directeur van het Kellogg Radiation Laboratory van het California Institute of Technology te Pasadena. In 1946 besloot hij zich met zijn groep te gaan toeleggen op het probleem van het ontstaan van de elementen in de kosmos, zowel door middel van meting van reactiesnelheden van astrofysisch belangrijke kernprocessen (zijn oude vak), alsook door middel van berekeningen.

Fowler's meest baanbrekende werk op dit gebied leverde hij in de jaren vijftig, in samenwerking met de Engelsen E. Margaret Burbidge, Geoffrey Burbidge en Fred Hoyle. Hun namen worden meestal in een adem genoemd en

door astrofysici meestal afgekort als B²FH.

In een beroemd artikel in de Review of Modern Physics in 1957 toonden ze definitief aan dat alle elementen zwaarder dan helium in het binnenste van sterren gevormd moeten zijn, waarbij ze de precieze processen wisten aan te duiden volgens welke deze vorming is verlopen. De lichtere elementen tot en met ijzer zijn ontstaan als produkten van min of meer stabiele kernfusieprocessen. De elementen voorbij de ijzergroep ontstaan door neutronenvangstprocessen: het s-proces van langzame neutronenvangst, dat plaatsvindt tijdens de heliumfusie en latere fusiestadia, en het r-proces van snelle neutronenvangst dat pas tijdens de supernovacollapse plaatsvindt, bij zeer hoge neutronendichtheden. Deze processen werden uitgebreid behandeld in een artikelenreeks door R. van Helden en J. Scherrenburg in de nummers 1, 4 en 6 van 1982 (verkrijgbaar als overdruk).

Enigszins verbazingwekkend is dat van deze vier nu alleen Fowler de Nobelprijs heeft gekregen. In feite is minstens een even grote bijdrage tot al deze ideeën geleverd door Fred Hoyle, en in iets mindere mate door de Burbidges. Het idee dat de vorming van de elementen in sterren heeft plaatsgevonden en niet in de Oerknal is van Hoyle afkomstig, die kort na de oorlog hiermee op het California Institute of Technology aankwam.

Hoyle baseerde zijn ideeën — die eerst met scepsis werden begroet — op het overigens onjuist gebleken 'steady-state' model van de evolutie van het heelal. Omdat er in dit model geen Oerknal (Big Bang) voorkomt moest hij wel veronderstellen dat de elementensynthese in sterren heeft plaatsgevonden. Toen hij Fowler hiervan overtuigd had bleek bij uitwerking het idee zeer vruchtbaar te zijn.



William A. Fowler die samen met Chandrasekhar de Nobelprijs Natuurkunde 1983 kreeg (ANP-foto).

Pas later is gebleken, o.m. door het werk van J. Peebles in Princeton, dat in de Oerknal geen elementen zwaarder dan helium gemaakt kunnen zijn. Ook bij dit model moeten dus de elementen zwaarder dan helium in (zware) sterren gevormd zijn. Aan het einde van hun leven verspreiden die via een supernova-explosie de elementen in het gas tussen de sterren. Uit dit gas vormen zich dan weer nieuwe sterren, welke meer zware elementen bevatten. Onze eigen zon is een dergelijke ster van een latere generatie.

Het zal voor Hoyle vermoedelijk een teleurstelling zijn dat hij niet in deze prijs van zijn vriend deelt. Een reden hiervoor is vermoedelijk de regel dat een Nobelprijs door niet meer dan door drie personen gedeeld mag worden. Had men Hoyle wel laten meedelen, dan zou dit tegenover de Burbidges pijnlijk (en onrechtvaardig) zijn geweest. Het feit dat Fowler, naast zijn theoretische werk ook veel belangrijke laboratoriumexperimenten in de kernfysica heeft gedaan, heeft waarschijnlijk voor het comité de doorslag gegeven om hem als enige van deze vier de prijs toe te kennen.

Met deze twee Nobelprijzen is het aantal Nobelprijzen voor sterrenkundig werk op een respectabel aantal gekomen. In 1967 kreeg Hans Bethe de prijs voor de ontdekking (in 1938) van de kernreacties, waarmee de energie in het binnenste van de sterren wordt opgewekt. In 1974 kreeg A. Hewish de prijs voor de ontdekking van de radiopulsars (neutronensterren) te zamen met A. Ryle voor de ontwikkeling van radio-astronomische technieken. In 1979 kregen Penzias en Wilson de prijs voor de ontdekking der 3K achtergrondstraling, afkomstig van de Oerknal. De prijzen van 1983 illustreren ook dat de astrofysica een steeds belangrijker tak van de natuurkunde begint te worden. Het feit dat vier van deze zeven prijzen toegekend worden voor onderzoek aan de inwendige bouw en evolutie van sterren onderstreept eens te meer het fundamentele karakter van juist dit onderdeel van de sterrenkunde.

Prof. dr. E.P.J. v.d. Heuvel
Sterrenkundig Instituut
Universiteit van Amsterdam

Vloeibare telescoop

Hoe gek het ook klinkt, het idee voor een telescoop met een vloeibare spiegel is niet nieuw. Het dook in de vorige eeuw al in Engeland op en in 1909 werd het in de praktijk geprobeerd door de Amerikaanse astronoom R.W. Wood. De stand van de techniek liet een dergelijk hemelbestormend project echter niet toe. Nu zijn we al weer zoveel verder en is de draad weer opgepakt, deze maal door de Canadese professor Ermanno Borra, van de universiteit van Laval. De sleutel tot de vloeibare holle spiegel is het

natuurkundige feit dat het oppervlak van een rondwentelende vloeistof een omwentelingsparaboloïde vormt. En als die vloeistof kwik is, dan is het oppervlak nog goed spiegelend ook. Het grote voordeel van zo'n exotische spiegel is dat men tot grote diameters kan komen, zeg 10 tot 20 m, die buiten het bereik van de optische industrie liggen. Het nadeel is dan weer dat zo'n spiegel niet te richten is. Hij kijkt recht omhoog of niet. Als de rotatie-as niet strikt verticaal is, wordt het oppervlak door de zwaartekracht vervormd. Toch zijn de mogelijkheden genoeg om door te gaan. Wat het technisch allemaal zo moeilijk maakt, zijn de enorme rotatiesnelheden die nodig zijn. Daar bestaan genoeg motoren voor, maar in zo'n rondwentelende massa zit een gigantische energie opgeslagen. Op dat principe zijn de vliegwielen gebaseerd. Als die energie op ongecontroleerde wijze vrijkomt, slaat dat letterlijk in als een bom. Zodra het geheel iets uit balans komt treden enorme krachten op die het toestel gemakkelijk uit elkaar kunnen doen spatten. Een niet juist geladen wasmachine gaat bij achthonderd omwentelingen per minuut al aan het dansen; de man op de kermis weet heel goed waarom hij zijn zweefmolen steeds symmetrisch belaaft.

Borra maakte al spiegels van 50 cm en 1 m, die aan alle optische eisen voldeden. Met Canadese overheidssteun mikt hij nu op 2 m. Van een echte telescoop, zeg een spiegel van zo'n zes meter, is voorlopig echter nog geen sprake.

(Sciences et Avenir)

Een kijkje in de cilinderkop van de nieuwe dieselmotor, waar men door toepassing van keramiek o.a. een beter rendement en minder slijtage tracht te behalen.

Keramiek in de cilinderkop

Keramische materialen horen bij de nieuwe materialen van de toekomst. Keramiek is niet meer weg te denken als het ultra-moderne hitteschild uit de ruimtevaart. Dit materiaal zou in de toekomst wel eens een ommekeer in de constructie van motoren kunnen teweegbrengen. In laatste instantie is zelfs een motor zonder koeling denkbaar.

Vergeleken met de conventionele materialen die in de motoren worden verwerkt, zijn de isolerende eigenschappen van keramiek haast ongeëvenaard; verder zijn keramische materialen veel beter bestand tegen hoge temperaturen, zijn ze slijtvaster en stabiel van vorm. Keramiek is ook volledig corrosievrij. Technisch keramiek heeft een uiterst lage uitzettingscoëfficiënt en een hoge thermische weerstand. Allemaal interessant voor de autofabrikanten.

Zo deelde Opel mee dat men op een omgebouwde 2,3 liter dieselmotor de toepassing bestudeert van keramiek in de verbrandings-

kamer, uitlaatpoort en uitlaatspruitstuk. Tevens zijn de wervelkamer, het bodemvlak van de cilinderkop, zuigerkoppen, cilindervoeringen, klepschotels en uitlaatopeningen met keramiek bekleed. Daardoor kan de motor met veel hogere dan de gebruikelijke temperaturen werken. Bij hogere temperaturen krijgt men een betere verbranding waarbij de uitlaatgassen armer aan schadelijke stoffen zijn. Ook het rendement is veel beter. Verder is er minder buitenlucht nodig en kan het koelsysteem kleiner en vooral lichter zijn. Als gevolg daarvan kan de auto beter worden gestroomlijnd en de luchttoevoer worden beperkt, wat dan weer de luchtweerstandcoëfficiënt ten goede komt.

De ingenieurs verwachten dat deze nieuwe constructie niet alleen het brandstofverbruik zal doen verminderen, maar tevens slijtage zal verminderen. Dit kan worden bereikt door de tuimelaars, klepstoters, klepgeleiders en lagerschalen met keramiek af te werken. Hetzelfde effect wordt bereikt in het bovendee van de cilinders door het gebruik van keramiek-cilinderuitvoeringen.



Naast de vele voordelen zijn er ook nog problemen. Keramiek is bijv. erg broos. Puntbelasting evenals grote temperatuurschommelingen kunnen niet, zoals bij metalen, door plastische vervormingen worden verwerkt. Daarbij zijn de hechtingstechnieken die nodig zijn om keramiek op bijv. metaal te gieten, te persen, te lijmen of te lassen, nog niet voldoende ontwikkeld. De kosten voor het vervaardigen en bewerken van onderdelen van keramiek liggen ook aanmerkelijk hoger dan bij vergelijkbare, metalen elementen.

(Persbericht General Motors)

Koffie

Er is in koffie net een nieuw bestanddeel ontdekt. Het komt ook voor in cafeïnevrije en instant koffie. De nog onbekende stof heeft een veel grotere molecuule dan cafeïne. Omdat 'X' in ether oplosbaar is en niet proteolytisch (eiwitsplitsend) wordt afgebroken denken de Australische ontdekkers eerder aan een alkaloid, zoals bijvoorbeeld morfine, dan aan een peptide, zoals de encefalinen.

Men weet nog niet of de nieuwe stof het produkt is van de koffiepant zelf of van het roosteren. Het vreemdste aan het bestanddeel is dat het de opiaat-receptoren in de hersenen blokkeert. Er zit nogal wat 'X' in koffie, genoeg waarschijnlijk om onze encefaline-receptoren te bezetten. Het is nog onbekend of de nieuwe stof ook stimulerend werkt maar de affiniteit voor de opium-receptoren is waarschijnlijk wel (mede) verantwoordelijk voor het verslavend karakter van ons algemeen geaccepteerde pepmiddel.

(New Scientist)

Nieuwe familie plantehormonen

We weten al langer dat planten kunnen bewegen. Niet op de meer spectaculaire, gespierde manier van de dieren, maar toch. Zonnebloemen volgen de zon, de val van de zonnedauw klapt dicht als er een vlieg in belandt, het kruidje-roer-me-niet vouwt zijn blaadjes samen bij aanraking, de reuzebalsemien schiet bij aanraking zijn zaden met een knal meters ver weg, een hele reeks van bloemen openen en sluiten in een dag-nacht ritme. Toch hebben planten geen zenuwstelsel. Hoe zorgen zij dan wel voor de nodige signalen?

Het antwoord op die vraag is eenvoudiger dan het lijkt. Ook wij mensen hebben nog een tweede signaalverwerkend systeem, dat met chemische signalen werkt: het hormonale systeem. Het was dus logisch om ook bij planten naar chemische boodschappers te gaan zoeken.

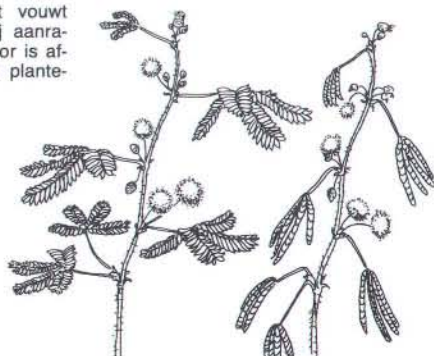
Maar dat was dan weer moeilijker dan het lijkt. Levende cellen bevatten enkele honderdduizenden chemische stoffen, waarvan een aantal nog onbekende functies heeft, andere alleen maar onbelangrijke tussenprodukten zijn, een aantal onstabiel is, vele de vernietiging van de cel in de reactiebuis niet overleven of er door

gewijzigd worden, sommige in bijna ondetecteerbare concentraties voorkomen, weer andere bij de detectie gemaskeerd worden door een vergelijkbare stof, vele alleen maar op een bepaald moment aangemaakt worden, en ga zo maar door.

Het enige dat men met zekerheid wist was dat ze — bij planten — in zeer lage concentraties al werkzaam moesten zijn. Maar wat dat chemisch betekende wist men niet. Men stond dus voor een hooiberg en wist niet of men nu een naald of een lucifertje zocht. Aan de universiteit van Heidelberg ging prof. Schildknecht met zijn staf op zoek naar het signaal dat het kruidje-roer-me-niet (*Mimosa pudica*) zijn blaadjes deed sluiten. Het mechanisme zelf van het sluiten is al lang bekend. Op de plaats waar het blad aan de stengel zit bevindt zich een knoop die samenvouwt als de sapdruk (turgor) in het blad zakt. Het zoeken was dus naar de trekker die het mechanisme deed afgaan en de snelle waterafgifte in het aangeraakte blad en alle andere bladeren startte.

De eerste stap in zo'n speurtocht is het scheiden van al die stoffen die in de plant voorkomen. De aangewezen technieken daarvoor

Het kruidje-roer-me-niet vouwt zijn blaadjes samen bij aanraking. Het signaal hiervoor is afkomstig van een aantal plantehormonen.



zijn chromatografie en extractie. Chromatografie is gebaseerd op het verschil in adhesie aan vaste stoffen: het mengsel wordt langs een vaste stof gespoeld en afhankelijk van hun adhesie worden de stoffen sneller of trager mee-geleept; na een tijdje is het peleton uiteengerukt en is iedere stof op een andere plaats langs het parcours te vinden.

Extractie is gebaseerd op het verschil in oplosbaarheid: als men een mengsel met een oplosmiddel behandelt zal een deel stoffen wel oplossen en een ander deel (bijna) niet; via een snugger gekozen reeks stappen van weer neerslaan en heroplossen in een ander oplosmiddel worden de fracties steeds verder gescheiden.

Bij elke stap wordt gekeken in welke fractie de gezochte stof zit. Daarvoor is dus een goede test op biologische activiteit nodig. Men voegde de fractie toe aan het water in een flesje met een blad van het kruidje-roer-me-niet en keek of er iets gebeurde.

De volgende stap is uiteraard de identificatie van de stof. De laatste jaren hebben de chemici de beschikking gekregen over een heel arsenaal uiterst gevoelige methoden, die vaak ook genoeg nemen met een extreem kleine hoeveelheid te onderzoeken stof. Om helemaal zeker te zijn maakt men dan de geïdentificeerde stof in het laboratorium op grotere schaal dan de bijna (of helemaal) onzichtbare hoeveelheid die men geïsoleerd had. Dan kijkt men of ze inderdaad werkt zoals verwacht. Zo'n chemische synthese is ook nog weer een probleem op zichzelf.

Schildknecht is nu zo ver dat hij kan melden dat er niet één bladsluithormoon bestaat, maar een hele reeks die in verschillende chemische families thuishoren. Ook blijkt dat dezelfde factor in totaal verschillende planten voorkomt: in de acacia, de kamerplant abutilon en de zuring.

Omdat de nieuwe hormoonfamilie de bladbeweging regelt via de turgor heeft men ze turgorines gedoopt. Samen regelen ze waarschijnlijk de hele bladbeweging, via welke stimulus die ook in gang gezet wordt.

(Persbericht
Gesellschaft Deutscher
Chemiker)

Zuinige thermostaat

TNO-onderzoekers hebben een geheel nieuw type kamerthermostaat ontwikkeld. Het is bedoeld als alternatief voor de bekende mechanische thermostaat, die op grote schaal in gebruik is in woningen met centrale verwarming. Daar zijn installatie en bediening ook analoog aan die van de klassieke thermostaat.

Recent onderzoek heeft aangetoond dat de bestaande kamerthermostaten qua invloed op het energieverbruik zeker geen slecht figuur slaan, maar desondanks een aantal interessante energiebesparingsmogelijkheden onbe-

nut laten. Dit geldt ook voor de huidige apparatuur van de prijsklasse waarin de nieuwe thermostaat valt, zoals sommige klokthermostaten.

Doordat de thermostaat voorzien is van een microprocessor en een geheugen is hij in staat de temperatuurregeling optimaal te laten verlopen. Daartoe is een speciaal regelconcept ontwikkeld. De nieuw ontwikkelde thermostaat bepaalt binnen een door de bewoner gekozen temperatuursverloop wanneer de verwarmingsinstallatie 's ochtends, 's middags en 's avonds het meest voordelig kan worden in- en uitgeschakeld. In dit opzicht is de nieuwe thermostaat 'zelflerend': hij onthoudt hoe het opwarmen en afkoelen verloopt en past zichzelf voortdurend aan nieuwe omstandigheden aan.

In een aantal normale, bewoonde eengezinswoningen werd de thermostaat langdurig en onder variërende omstandigheden beproefd. Daaruit bleek een vermindering van het energieverbruik van 10 à 15 procent op jaarbasis. Dit betekent dat het apparaatje zichzelf bij de huidige energieprijzen in 2 à 3 jaar terugverdient. Deze terugverdientijd kan nog aanzienlijk worden bekort, als alle mogelijkheden van het apparaat worden benut.

(Persbericht TNO)





Blauw bloed

Het zal U bekend zijn, dat de zuurstofoverdrager van het bloed een stabiele verbinding aangaat met koolmonoxyde en dat het bloed dan ongeschikt is geworden om zuurstof op te nemen en het lichaam ervan te voorzien. Nu is methyleen-blauw een stof, die met zuurstof een labiele verbinding vormt. Zij kan daardoor de taak van het bloed overnemen. In de Vereenigde Staten heeft men geslaagde resultaten verkregen met injecties van methyblauw bij het bestrijden van koolmonoxyde-vergiftiging.



Warmte-isolatie

Zeere goede resultaten worden verkregen wanneer men voor warmte-isolatie gebruik maakt van laagjes aluminiumblad, welke door lucht zijn gescheiden. Het effect wordt verklaard door de zeer geringe warmte-uitstraling van het blanke aluminium-oppervlak.



Gas in plaats van benzine

Reeds lang bouwt men verbrandingsmotoren voor gezuiverd steenkoolgas. In de laatste jaren is het denkbeeld ontstaan, om dit gas toe te passen voor automobielen. De moeilijkheid der praktische toepassing is dan hoofdzakelijk gelegen in het organiseren van een geschikt distributie-systeem. Deze moeilijkheid is blijkbaar overwonnen. In Engeland zijn reeds verschillende steden in het bezit van vulstations voor gecompriëerd steenkoolgas ten behoeve van openbare vervoermiddelen, zooals autobussen. Gecompriëerd gas (in cylinders) kan tevens een oplossing zijn ten behoeve van gebouwen op grooten afstand van de fabriek, in districten, waar het leggen van een buizenet niet economisch zou zijn.



Silicose

Silicose is de naam van een zeer gevreesde ziekte, die voorkomt bij arbeiders, die steengangen boren, steenen bikken e.d. De naam staat in verband met de opvatting die tot dusver algemeen gold, dat de ziekte veroorzaakt wordt door het inademen van colloïdaal fijn kwartsstof, dat zich in de long vastzet en daar ontstekingen en weefselwoeking veroorzaakt, met als gevolg verhoogde vatbaarheid voor longtuberculose, waardoor de lijdens aan silicose meestal vroegtijdig sterven. Blijkens de nieuwste onderzoekingen is echter niet kwarts de oorzaak der ziekte, doch sericite, een gehydrateerd kalium-aluminium-silicaat dat voorkomt in den vorm van zeer fijne vezeltjes en veroorzaakt op den duur silicose, de gevreesde ziekte vooral van de goud- en diamantmijnwerkers.



Natrium als geleider

Natrium heeft een soortelijke weerstand voor den elektrischen stroom welke 3x zoo hoog is als die van koper. Het s.g. is echter 9x zoo klein ($0,93 \text{ g/cm}^3$). Aangezien de prijs van natrium 3x die van koper is en natrium veel overvloediger in de natuur voorkomt, heeft men overwogen of het mogelijk was, natrium toe te passen als stroomgeleider. In USA heeft men geslaagde proeven genomen met ijzeren buizen, gevuld met natrium. Het vullen is eenvoudig in verband met het lage smeltpunt van natrium ($97,6^\circ\text{C}$). Alleen moet men maatregelen nemen tegen oxydatie van dit metaal. In 1930 construeerde de Dow Chemical Co een geleider van 280 meter lengte, bestaande uit een met natrium gevulde 4 inch ijzeren buis, voor een stroom van 4000 Ampère. Ook is natrium een zeer goede warmtegeleider, terwijl de verdampingswarmte ongeveer 2x zoo groot is als die van water. Ook uit dien hoofde overweegt men nieuwe toepassingen voor natrium.



**WEIZMANN INSTITUUT VAN WETENSCHAPPEN
INTERNATIONAAL WETENSCHAPPELIJK VAKANTIEKAMP
9 juli - 9 augustus 1984**

Het Internationaal Wetenschappelijk Vakantiekamp van het Weizmann Instituut biedt jaarlijks aan een beperkt aantal eindexaminandi de gelegenheid, gedurende de zomervakantie enige tijd in internationaal verband aan wetenschappelijk onderzoek te wijden. Hiertoe wordt voor hen door medewerkers van het Weizmann Instituut een programma georganiseerd bestaande uit colleges, praktisch werk en excursies in Israël.

Het vakantiekamp is bestemd voor Nederlandse eindexaminandi VWO van 17-18 jaar. Kandidaten dienen een uitgesproken belangstelling te hebben voor exakte wetenschappen, de Engelse taal zeer goed te beheersen en goed te kunnen samenwerken.

De beurzen voor het Wetenschappelijk Vakantiekamp omvatten de kosten van verblijf en activiteiten in Israël. In de reiskosten dient zelf te worden voorzien.

Aanmeldingsformulieren zijn tot 1 april 1984 verkrijgbaar bij het Nederlands Comité van het Weizmann Instituut van Wetenschappen, Postbus 71043, 1008 BA Amsterdam.

**'In woord en geschrift dienen wij
onze verbale capaciteiten dusdanig
te gebruiken dat er, qua communicatie,
een optimaal effect
mee gerealiseerd kan worden.'**

**'Wat
bedoelt u?'**

**'Laten we Klare Taal gebruiken,
da's wel zo duidelijk.'**

**'Zeg dat
dan meteen.'**

Met deze advertentie wil SIRE in samenwerking met
dit blad het gebruik van Klare Taal bevorderen.

SIRE